

البتانى ومنهجه فى علم الفلك

دكتورة

دولت عبد الرحيم

١٩٩٩

فهـرس الكتـــاب

مقـدمـــــة

يعد مجال تاريخ العلوم مجالاً خصباً ومتنوعاً ومثمراً، ومازال حافلاً وزاخراً بعلماء أفذاذ لهم ثقلهم ووزنهم ومكانتهم الرفيعة فى مجـــال تـــاريخ العلم، ومازالت الحضارة العربية الإسلامية غنية بذخائر من تـــراث العلــم العربى.

من أجل ذلك تحاول هذه الدراسة أن تغوص فى عمق أعماق التراث العربى العظيم لتستكشف سراً من أسرار علمائنا العرب الذين مهدوا لتطـــور العلم وأثروا شتى مجالات العلوم بالنظريات والقوانين العلمية والتى تعد اللبنة الأولى فى بناء البنيان العلمى، كما تعد البذرة الأولى فـــى نمـــو وازدهـــار النظريات العلمية والفلسفية.

صحيح أن التراث العربى العلمى استفاد الكثـــير مـــن الحضـــارات السابقة عليه مثل الحضارة الفارسية، والهندية، واليونانية، إلا أنه أفـــاد هـــو أيضاً وأثر فى الحضارة الغربية وساهم فى بنائها وتطويرها ووصولها إلـــى العالمية بفضل علماء عرب مسلمين إجلاء يستحقون كل التقدير والاهتمـــام بمؤلفاتهم وإبداعاتهم العلمية والفلسفية.

ومن هؤلاء العلماء البتانى هذا العالم العربى الفلكى الذى أبدع وابتكر واجتهد وخلص علم الفلك من الخرافات والتنجيم وأقامه على أساس الاستقراء والاستنباط معاً فجمع بين الملاحظة العلمية والعقلية الاســتنباطية لاســتنتاج نظريات وقوانين وجداول وأرصاد دقيقة وصحيحة وتواكب العصر الحديث.

وتركز هذه الدراسة على مجهود البتانى وإضافته وإنجازاته الفلكية والرياضية فنبدأ أولاً بالتعريف بالبتانى مع إطلالة على ملامح العصر الذى عاش وألف وابتكر فيه أهم مؤلفاته وهو الزيج الصابئ٠

وتقوم هذه الدراسة على تفسير واستقراء النصوص واستخراج ما فيها من أفكار متطورة وآراء تميل تارة إلى النقد والاعتراض وتارة إلى المتابعة والموافقة وما بين التشابه والاختلاف والموضوعية والابداع العلمى نجد البتانى متألق وعالماً وفناناً عازفاً على أوتار قيثارة علم الفلك يعزف لحناً مليئاً بالفكر العميق الأصيل والأسلوب الرشيق الذى يخاطب طلاب بحث صفوة الصفوة من علماء الفلك المتخصصين، فكتابه الزيج الصابئ لم يوجه للعامة بل هو يقدم علماً رياضياً فلكياً قائماً على الرصد والحساب والهندسة٠

وتتناول هذه الدراسة آراء البتانى فى مجال الرياضيات وفضله فى اكتشاف الجديد على سبيل المثال الوتر بدلاً من الجيب وحساب المثلثات الكرى ومزج علم الفلك بالمعادلات الجبرية والرسوم الهندسية وأعداد الجداول الخاصة بالرصد والجداول الخاصة بالتقويم الهجرى٠

وتبحث فى أعمال البتانى الفلكية مع إلقاء الضوء على مصادر معارفى الفلكية وكيفية تأثره بها سواء بالسلب والاختلاف والنقد أو بالإيجاب والموافقة والمتابعة القائمة على البرهان الهندسى والعددى الذى لا يحتمل الشك ولا يرضى غير اليقين بديلاً٠

ثم توضح أهم انجازات البتانى مع مقارنته بالسابقين عليه والتركيز على إضافاته مع مقارنته بالذين جاءوا بعده واختلفوا معه فى بعض الآراء٠

مع حصر الآراء المؤيدة والمناصرة لأعماله والآراء المعارضة لبعض أقواله وأعماله.

وختام هذا البحث هو تحديد موقع البتانى الفلكى ومكانته الرائدة من خلال آراء محايدة أكدت ونوهت على آثاره الخالدة المتمثلة فى مؤلفة الزيج الصابئ، وكيف ترك هذا الكتاب بصمة واضحة وعلامة بارزة من علامات النبوغ والعبقرية عند البتانى.

وانتهت هذه الدراسة بالحكم على البتانى ليس من منطلق شخصى أو تحت تأثير البحث بل من منطلق موضوعى بحت وهو رأى العلماء الفلكيين الذين تأثروا به وأكدوا على مجهوداته وإضافاته العلمية متمثلة فى الجانب العربى والجانب الغربى.

وبذلك استطاع البتانى أن يجمع بين الشرق والغرب على رأى واحد أنه بالفعل عالم فلكى يستحق كل التقدير والبحث فى آرائه، ولعل هذه الدراسة تكون قد كشفت عن مواطن العلم الفلكى عنده وإبراز دوره فى سجل تاريخ العلم العربى.

وبالله التوفيق

د/ دولت عبد الرحيم

الفصل الأول

أولا : التعريف بالبتاني :

البتاني هو أبو عبد الله محمد بن جابر بن سنان البتاني الحراني الصابئ المعروف بالبتاني[١] ولد في بتان من نواحي حران وهي مدينة واقعة على نهر البليخ أحد روافد نهر الفرات بالعراق يقابله قرب مدينة الرقة[٢].

ويوجد خلاف حول تحديد سنة ميلاده فالبعض خلط بين تاريخ ميلاده وبين تاريخ بداية عمله بالرصد، مثلما أشار المستشرق "بول" في كتابه "مختصر تاريخ الرياضيات"[٣]، أنه ولد سنة (٢٦٤هـ- ٨٧٧م) بينما جاء في دائرة المعارف لوجدي[٤]، أن البتاني ولد سنة (٢٤٠هـ- ٨٥٤م) أم جورج سارتون[٥]، فيشير إلى ولادة البتاني كان قبل عام (٢٤٤هـ- ٨٥٥م) وفي كتاب "آثار باقية" لصالح ذكي فيقول "أن تاريخ ولادة البتاني غير معروف، إلا أن هناك ما يجعلنا نعتقد أنه ولد بعد عام ٢٣٥هـ"[٦].

وإذا كان هناك خلاف حول تحديد تاريخ سنة ميلاد البتاني فإن تاريخ وفاته قد أجمعت عليه أكثر المراجع لما اتفق المؤرخون على أن ذلك كان عام (٣١٧هـ- ٩٢٩م) أما مكان وفاته فهو غير محدد في أغلب المراجع ففي كتاب الفهرست لابن النديم[٧]، يشير إلى وفاة البتاني عام (٣١٧هـ- ٩٢٩م) في طريقه بقصر الجص، عند رجوعه من بغداد حيث كان مع بني الزيات من أهل الرقة، وقصر الجص هو قص فخم بناه المعتصم[٨] قرب سامراء[٩].

ويذكر ابن خلكان (توفى عام ٦٨١هـ- ١٢٨٢م) فى كتابه "وفيات الأعيان" أن البتانى توفى عند رجوعه من بغداد فى موضع يقال له الحضر والحضر مدينة قائمة بالقرب من الموصل ومن تكريت[١٠] بين دجله والفرات فى البرية.

ويحدد ياقوت الحموى (المتوفى عام ٦٢٢هـ- ١٢٢٩م) مكان وفاة البتانى بقصر الحضر بقرب سامراء من المبانى التى أنشأها المعتصم[١١] أما جورج سارتون فى "مقدمة لتاريخ العلم" فإنه أشار إلى وفاة البتانى بالقرب من سامراء ولم يحدد مكاناً بعينه.

ثانياً : عصر البتانى :

لا شك أن العصر الذى عاش فيه البتانى كان عصراً مزدهراً وزخراً بشتى العلوم والفنون والآداب ولا سيما فى مجال الفلك والرصد وبوجه عام يمكن القول بأن البتانى جاء فى عهد الخلافة العباسية التى اهتمت اهتماماً بالغاً بالعلم والترجمة "للكتب الفارسية والهندية واليونانية إلى اللغة العربية، وأخذ علم الفلك نصيباً كبيراً من اهتمامات الخلفاء العباسيين وخاصة الخليفة المنصور[١٢] الذى حفل عهده بترجمة كثيراً من الكتب، وكان مؤيداً ومشجعاً لحركة الترجمة، وأمر بترجمة كتاب السند هند من اللغة الهندية إلى اللغة العربية كما تم ترجمة كتاب الزيج شاه وترجمة كتاب المجسطى لبطليموس.

وكان عهد الخليفة العباسى المأمون[١٣] عهداً ذهبياً وخصباً فى مجال الاهتمام بالعلم وعلى وجه الخصوص علم الفلك لقد شغف هذا الخليفة بعلم التنجيم والفلك وهذا ما ستوضحه هذه الدراسة عند الحديث عن المراصد

الفلكية والتى تم بناؤها فى عهده مثل مرصد الشماسية ومرصد قاسيون ومرصد بغداد واهتمامه ورعايته لعلماء الفلك والرصد[١٤].

ولا يخلو العصر الذى عاش فيه البتانى من علماء فى مجال الفلك والرصد يحتلون مكانة رفيعة فى الارتقاء بعلم الفلك والرصد ووضعوا أسس علم الفلك الصحيح ووصلوا إلى نتائج قريبة من الصحة إلى حداً كبير فى مجال تحديد قياس محيط الأرض فى عهد الخليفة المأمون.

وفى هذا العهد المتألق علمياً وفلكياً جاء البتانى بعد مضى أقل من نصف قرن على بدء البحوث الفلكية فى مرصد المأمون، فقد وقف البتانى على أرض فلكية خصبة وصلبة مما جعله يستفيد من هذا التراث الفلكى الزاخر ويطلع على كل ما جاء به السابقون عليه فى هذا المجال، ولم يقف على حد الإطلاع أو المتابعة فحسب- بل استطاع أن يكون علماً بارزاً من أعلام الفك العربى، وذلك بإعتراف وتأييد المستشرقين له فعلى سبيل المثال يشير لا لاند + ١٨٠٧م بعد أن أطلع على مؤلفات البتانى فأعده من العشرين فلكياً المشهورين فى العالم كله[١٥]، ووصفه جورج سانون بأنه أعظم فلكى فى زمانه ووضعه "**كاجورى**" فى الصف الأول من الفلكين فى كتابه "تاريخ الرياضيات"[١٦]، كذلك يقول سميث أن البتانى أوحد عصره فى فنه، وأعماله تدل على غزارة فضله وسعة علمه[١٧].

ثالثاً : مؤلفات البتانى :

١- كتاب معرفة مطالع البروج فيما بين أرباغ الفلك[١٨]:

هذا الكتاب يتناول تبحث عن النقطة الموجودة على دائرة الاستواء السماوية والتى تشرق فى نفس اللحظة مع نقطة معينة على دائرة البروج،

ويتناول هذا الكتاب أيضاً الحل الرياضى للمسألة التنجيمية لاتجاه الرصـد[١٩] ووضع الحسابات اللازمة فى جداول خاصة واعتمد علـى بعـض قواعـد حساب المثلثات الكرية.

٢- رسالة فى تحقيق أقدار الاتصالات[٢٠]:

ويتناول البتانى فى هذه الدراسة الحلول المضبوطة بحساب المثلثـات للمسألة التنجيمية عندما تكون النجوم المقصودة لها خط عرضى أى خـارج فلك البروج[٢١].

٣- رسالة فى مقدار الاتصالات[٢١]:

ويعالج البتانى فيها موضع اتفاق كوكبين فى خط الطول السماوى أو خط العرض السماوى سواء أكان على فلك البروج أو كان أحدهما أو كلاهما خارج هذه الدائرة[٢٢].

٤- كتـاب تعديل الكواكـب :

يبحث البتانى فى هذا الكتاب الفرق بين حركات الكواكـب الحقيقـة التى تختلف من موضوع إلى آخر المدار[٢٣].

٥- شرح المقالات الأربع لبطليموس[٢٤]:

وضع بطليموس تلك الأربع مقالات كذيل لكتابه المجسطى تناول فيها مسائل التنجيم وتأثير النجوم على الحوادث الدنوية وكل هذه المؤلفات السابق ذكرها تعد مفقودة ولم يبق للبتانى سوى مؤلف واحد ولكنه فى غاية الأهميـة والدقة والذى اعتمدت عليه هذه الدراسة وهذا الكتـاب الـهام هـو الزيـج الصابئ.

محتويـــات الزيـــج الصابـــئ :

نود فى البداية تقديم عرض موجــز، لمحتويــات الزيــج لأن هــذه الدراسة تعتمد أساساً على الزيج الصابئ عند معالجة الموضوعات الفلكيـــة عند البتانى، فهو يحتوى سبعة وخمسين باباً.

ويذكر البتانى فى الأبواب الثلاثة الأولى طريقة العمليات الحســابية فى النظام الستينى وأوتار الدائرة.

وخصـــص البتـــانى الأبـــواب الأربعـــة عشـــر الأولـــى للكـــرة السماوية ودوائرها، وأهم هذه الأبواب هو الباب الرابـــع الـــذى ســـنعرضه بالتفصيل عند دراسة الفلك العملى عنده القائم علـــى الرصـــد والحســـابات وسيتضح أنه توصل إلى نتيجة صحيحة فى تحديده لمقدار ميل فلك الـــبروج عن فلك دائرة الاستواء أى الميل الأعظم وهى (٣٥ ٢٣)[٢٦].

ثم تأتى بعد ذلك ثلاث أبواب خاصة فى قياس الزمن برصد ارتفـــاع الشمس وبالعكس، تسعة أبواب متخصصة فى موضوع الكواكـــب الثابتـــة، والباب السابع والعشرون يتناول طول السنة الشمسية عن طريـــق الرصـــد ويشمل هذا الباب على المقارنات التى أقامها البتانى بين مقدار طول الســـنة عند قدماء المصريين والبابليين وكان ٣٦٥ يوماً، ٦ ساعات، ١٢ دقيقة ثـــم جاء أيرخس فاعتبرها ٣٦٥ يوماً ثم جاء بطليموس فاتخذ الفترة بينه وبيـــن أيرخس حوالى ثلاثمائة عام، ثم قارن البتانى بين رصد بطليموس والرصـــد الذى قام به هو بعد حوالى سبعمائة وخمسين عاماً.

فكان رصد بطليموس لطول السنة ٣٦٥ يومـــاً و٥ ســـاعات و٤٧ دقيقة، ٣٠ ثانية أما البتانى فكانت القيمة ٣٦٥ يوماً، ٦ ساعات ٤٥ دقيقـــة، و٢٦ ثانية بخطأ قدره ٢ دقيقة، ٢٢ ثانية.

وفى البابين التاليين نجد البتانى يخصصهما لبحث الاختلاف فى حركة الشمس وعدم انتظام سرعتها، وخصص الباب الثلاثين لحركات القمر والكسوف والخسوف وبعد الشمس عن الأرض.

وبحث فى الكواكب ومساراتها فى الباب الحادى والثلاثين، ثم خصص أربعة أبواب للتقاويم المختلف عند العرب والروم والفرس والقبط.

وتناول البتانى منازل القمر فى الباب السادس والثلاثين وخصص الأبواب السبعة التالية على دراسات لمسار القمر ونقطتى تقاطعه مع مسار الأرض وميله عليه ورؤية الهلال وخسوف القمر.

وقدم البتانى فى الباب الرابع والأربعين دراسة عن كسوف الشمس باستخدام الجداول والحسابات.

ويعد الباب الحادى والخمسين من أهم أبواب الزيج الصابئ لأنه يحتوى على أرصاد النجوم التى قام بها البتانى وكانت فى غاية الدقة.

وتناول البتانى الآلات الفلكية وطريقة صنعها فى البابين الآخرين من الزيج وناقش فى الباب الأخير الأخطاء التى يقع فيها علماء الفلك فى أرصادهم وقسم الأخطاء إلى أخطاء شخصية وأخطاء آلية.

ويشمل الزيج الصابئ على جداول التاريخ المملوك والحلفاء، وجداول لأطول وعروض البلدان وهى ٩٤ بلدا مقتبسة من كتاب صورة الأرض للخوارزمى[٢٧]. وجداول أخرى خاصة بأسماء النجوم ومواقعها. فى السماء ومقدار لمعانها، وعمل جدول منفصل للنجوم اللامعة الشهيرة[٢٨].

وتم ترجمة الزيج الصابئ إلى اللاتينية فى القرن الثانى عشر للميلاد وقام بترجمته عالمان هما "روبرت تشتر"، وهذه الترجمة مفقـــودة وبلاتـــو تيفول[٢٩] وقد طبعت ترجمته فى نور مبرج عام ١٥٣٧م وبعد حوالى قـــرن أمر ألفونس العاشر صاحب قشتالة بترجمة هذا الزيج مـــن العربيـــة إلـــى الأسبانية ولهذه الترجمة مخطوط غير كامل فى باريس[٣٠]٠

وكان للزيج الصابئ أهمية بالغة عند علماء الغرب مما حثهم علـــى البحث عنه وترجمته فعلى سبيل المثال قام ريجيو مونتـــاس بـــالبحث عـــن ترجمة هذا الكتاب وعثر عليها فى مكتبة الفاتيكان وقارن بينها وبين نســـخة عربية وصحح الأخطاء ثم طبعت الترجمة فى بولندا عام ١٦٤٥م- ١٦٤٦م مزوداً بتعليقات علمية[٣١]٠

وتشير بعض المراجع إلى أن "هالية" قد وجد أن الترجمة فى طبعتها الثانية لا تحتاج إلى تنقيح أو تصحيح[٣٢]، وهى موجودة فى مكتبة الفاتيكان٠

وقد نشر كرلو نلينو طبعة الأصل العربـــى منقـــولاً عـــن النســـخة المحفوظة بمكتبة بلدة الأسكوريال من بلاد الأندلس فى ثلاث مجلدات برومـــا (١٨٩٩- ١٩٠٧م)، وبها ترجمة لاتينية وتعليق على بعض الموضوعـــات كما توجد نسخة عربية بمكتبة جامعة القاهرة وهى التـــى اعتمـــدت عليـــها الدراسة٠

منهج البتانى فى التأليــف :

أنـــواع التأليـــف :

كانت طريقة تأليف الكتب الفلكية فى عصر البتـــانى تـــدور حـــول أربعة أنواع :

النوع الأول[٣٣]:

هو الكتب الإبتدائية يعرض لمبادئ علم الفلك وأصوله دون التعرض للبراهين الهندسية والرياضية وأهم ما يمثلوا هذا النوع من التأليف هم[٣٤] كتاب أحمد بن محمد بن كثير الفرغانى (المتوفى ٢٤٧هـ- ٨٦١م) وهو كتاب فى جوامع علم النجوم وأصول الحركات السماوية، وكتاب علل الأفلاك[٣٥]، ونصير الدين الطوسى (توفى ٦٧٣هـ-١٣٧٤م) فى كتابه التذكرة والجمغينى (توفى سنة ٧٤٥هـ) كتابه الملخص فى الهيئة وكتاب تشريح الأفلاك لبهاء الدين محمد بن الحسين العاملى[٣٦].

النوع الثانى :

الكتب والمؤلفات المطولة وهى التى تهتم بالبراهين العلمية والهندسية والجداول العددية التى لا غنى عنها فى الأعمال الفلكية ونماذج هذا النوع من التأليف بطليموس فى كتابه المجسطى، ولأبى الوفاء البوزجانى المتوفى (٣٨٨هـ- ٩٩٨م) كتاب المجسطى، والبيرونى (المتوفى ٤٤٠هـ- ١٠٤٨م) كتاب القانون المسعودى ونصير الدين الطوسى (المتوفى ٦٧٣هـ- ١٢٧٤م) كتاب تحريرا المجسطى ولقطب الدين محمود بن مسعود الشيرازى المتوفى (٧١٠هـ- ١٣١١م) كتاب نهاية الإدراك فى دراية الأفلاك، وجابر بن أفلح الأشبيلى (المتوفى ٥٤٠هـ- ١١٤٥م) كتاب إصلاح المجسطى ولا يشمل أى جداول[٣٧].

النوع الثالث :

وهى الكتب المعدة لأعمال الحساب والرصد ويطلق عليها أزياجا أو زيجات ولفظ زيج أصله من اللغة البهلوية التى كانت الفرس يستخدمونها فى زمن الملوك الساسانين[٣٨]. وأطلق عليها الفرس الجداول.

وعرف ابن خلدون فى مقدمته الزيج بقوله : "ومن فروع علم الهيئة علم الأزياج، وهى صناعة حسابية على قوانين عددية فيما يخص كل كوكب من طريق حركته، وما أدى إلى برهان الهيئة فى وضعه من سرعة وبطء واستقامة ورجوع[٣٩].

ولهذه الصناعة قوانين فى معرفة الشهور والأيام والتواريخ الماضية وأصول متقررة فى معرفة الأوج الحضيض[٤٠] والميل، وأنواع الحركات واستخراج بعضها عن بعض يضعونها فى جداول مرتبة تسهيلاً على المتعلمين وتسمى الأزياج[٤١] وأبرز مؤلفى الفلك فى هذا النوع هو الخوارزمى وزيج الصبائى للبتانى.

النوع الرابع :

وهى مؤلفات تختص بالتقاويم وصناعة آلات الرصد وصور الكواكب وتعين مواقع نجومها فى الطول والعرض ومن يمثل هذه الاتجاه من التأليف أبى على الحسن المراكشى (المتوفى سنة ٦٦٠هـ- ١٣٦٣م) فى كتابه جامع "المبادئ والغايات" ويتضمن وصف الآلات الرصدية، وكتاب لأبى الحسين عبد الرحمن بن عمر الصوفى (المتوفى ٣٧٦هـ- ٩٨٦م) وكتاب الكواكب والصور.

من خلال عرض أنواع المؤلفات الأربعة السابقة يتضح لنا أن البتانى فى تأليفه للزيج الصبائى قد نهج أسلوب النوع الثالث من التأليف وهو النوع الخاص بالأزياج كما أنه اتبع المذهب البطليموسى فى طريقة التأليف والمعالجة والنقد وفى ذلك يقول عن بطليموس إنه "قد تقصى علم الفلك من وجوهه، ودل على العلل والأسباب العارضة فيه بالبرهان الهندسى والعددى

الذى لا تدفع صحته ولا يشك فى حقيقته فأمر بالممتحنة والأعتبار بعده وذكر أنه قد يجوز أن يستدرك عليه فى ارصاده على طول الزمان كما استدرك هو (أى بطليموس) على إيرخس(٤٢).

ثانيا : الفهـــــــرس :

وعلى ذلك يتضح لنا أن البتانى سلك مذهب بطليموس وألـــف فـــى نوعية كتب الأزياج، والآن نعرض طريقته فى الكتابة. فقد اهتم البتانى بعمل فهرس منظم مرتب يصنف فيه أبواب الكتاب وهم سبعة وخمسون بابا وتدور موضوعاته حول العمليات الحسابية والقوانين العددية وجداول فلكية بالإضافة إلى التقويم ومعرفة الشهور والأيام والتواريخ(٤٣).

ويمتاز هذا الفهرس بالدقة والوضوح والنظام واشتماله علـــــى كـــل جزئية فلكية يعرضها البتانى فى الفهرس فعلى سبيل المثال عنـــد عرضـــه معرفة ارتفاع الشمس فى وقت انتصاف النهار فى كل يوم يكتب هذا العنوان فى الفهرس ثم يعرض عنوانا أخرا وهو فى "معرفة ما يمضى من النهار من ساعة" وما يطلع من قبل قياس الشمس ومعرفة الارتفاع والظل القائم، وفـــى العنوان التالى فى "معرفة الارتفاع من قبل ما يمضى من ساعات النهار".

ويهتم البتانى بدقائق الأمور الفلكية ويعرض لها عناوين منظمة فـــى الفهرس، فتذكر مثال على ذلك حين درس الكواكب الخمسة المتحيرة ذكرهـــا أربع مرات فى كل مرة إضافة جديدة ودراسة جديدة فيقول فى ذلك : "فـــــى معرفة مواضع الخمسة الكواكب المتحيرة من فلك البروج فى كل حين"(٤٤).

"فى معرفة مقام الكواكب الخمسة المتحيرة ورجوعها"
"فى معرفة عروض الكواكب الخمسة المتحيرة وجهاتها"

"فى معرفة ظهور الكواكب الخمسة المتحيرة واختفائها"

وهكذا يتناول البتانى دراسة الكواكب الخمسة من حيث الموضع ثم المقام والرجوع ثم العروض ثم الظهور ثم الاختفاء فهو يفسر تفسيراً واضحاً متسلسلاً يعتمد على الترقيم المنظم واستخدام الحروف فى الترقيم بدلاً من الأعداد أو بمعنى آخر استخدم "حساب الجمل"(٤٥) حيث تعبر الحروف الأبجدية عن الأرقام حسب ترتيب الحروف الأبجدية فعلى سبيل المثال أن الألف تقوم مقام الواحد والباء تقوم مقام الاثنين حتى الياء تساوى رقم (١٠) ثم الكاف تساوى (٢٠) عشرين واللام تساوى (٣٠) ثلاثين ويستمر ربط الأعداد بالحروف الأبجدية مع بعضها على أن يبدأ بالأصغر ثم يقدم عليه الأكبر على سبيل المثال رقم (٤٥) وهو مه، لأن الميم تمثل (٤٠) والهاء خمسة فالبتانى فى ترقيمه للفهرس الزيج الصابئ التزم بذلك فرقم ٥٥ كتبها (نه) وعنوانها فى "معرفة مطالع البروج فيما بين أرباع الفلك" ورقم (٥٦) (نو) وعنوانها فى عمل الرخامة القائمة المسطحة لمعرفة ساعات النهار الزمانية فى كل بلد وتقويم نصبها وسمت الجنوب، وكيف يعرف سمت القبلة فى الرخامة وهو سمت مكة المحروسة و(٥٧) (نز) وعنوانها فى ختم الكتاب وصفه صنعة الآلة التى على هيئة الفلك وتسمى البيضة وصنعه الألتين اللتان للرصد(٤٦).

ويختم البتانى فهرس الزيج بقوله "وهذا تفسير تفصيل(٤٧) الكتاب وهو سبعة وخمسون باباً والحمد لله على عونه وصلى الله على محمد".

ونلاحظ أن طريقة البتانى فى كتابه الفهرس تتلائم مع عرض الكتب الحديثة للفهرس والالتزام بترتيب الموضوعات وترقيمها.

ثالثاً : المقدمة لكتاب الزيج الصابئ :

اهتم البتانى بمقدمة كتابة الزيج والتى أطلق عليها صدر الكتاب وأعطاها رقم (أ) الألف التى تساوى واحد فى الأعداد، وبدأ المقدمة بذكر الله عز وجل والرسول عليه الصلاة والسلام ويعرض بعض الآيات القرآنية.

ثم يبدأ البتانى فى عرض أهمية علم الفلك وأنه من العلوم السامية المفيدة ويثنى على هذا العلم الفلكى ويوضح مزاياه وفوائده على الحياة اليومية والحياة العملية والحياة الدينية من حيث أن الدين الإسلامى يعتمد فى الصلاة على توقيت وهذا يستلزم معرفة عرض الموقع الجغرافى وأيضاً معرفة حركة الشمس فى البروج(٤٨) كذلك تعتمد فريضة الحج واتجاه الحجاج إلى الكعبة بمعرفة سمت القبلة، وأيضاً تحديد موعد الصيام ومعرفة ظهور هلال رمضان واستشهد البتانى بالعديد من الآيات القرآنية التى تحدثت عن أهمية الفلك فعلى سبيل المثال ذكر الآية : ﴿**هو الذى جعل الشمس ضياء والقمر نوراً، وقدره منازل لتعلموا عدد السنين والحساب**﴾ وأيضاً تبارك الذى جعل فى السماء بروجاً".

ونود أن نشير إلى أن البتانى ليس وحده هو الذى سلك الاتجاه الدينى فى مقدمة كتابه الزيج وبحيث ربط بين الفلك والدين الإسلامى، بل كان هذا الاتجاه سائدا فى عصره وذلك بسبب تقسيم العلوم فى ذلك الوقت إلى علوم دنيوية وعلوم دينية، والعلوم الدنيوية كان يطلق عليها علوم الأوائل(٤٩) والتى كان ينظر إليها أى للعلوم الطبيعية والرياضية ومن بينها علم الفلك من جانب بعض المتطرفين والمتعصبين نظره وشك. ويعد الغزالى (توفى ١١١١م) من صاحب هذا الشك فى العلوم الطبيعية والرياضية والفلكية وبصفة خاصة الفلسفية وقد عبر عن رأيه فى العلوم فى مؤلفاته مثل كتاب "المنقذ من

الضلال" وكتاب "معيار العلم" وكتاب "تهافت الفلاسفة" وبجانب موقف الغزالى كان بعض رجال الدين يرفضون علم الفلك لارتباطه بالتنجيم(٥٠).

وبجانب هذا الموقف المتشكك للعلوم الفلك وقف فريق مؤيد للعلوم الطبيعية والفلكية والرياضية ومن أبرز من تزعم هذا الرأى المؤيد هم(٥١) أبو الحسن على الهجويرى (توفى حوالى ١٠٧٠م) وأيضاً علاء الدين المنصور وهو شاعر من القرن السادس عشر أكد على الصلة الوثيقة بين العبادات والعلوم الرياضية والفلكية وأيضاً يوسف السبتى الذى عمل بالهيئة يقول "ليس فيها كفر وإنما هى طريق إلى الإيمان ومعرفة قدرة الله عز وجل فيما أحكمه ودبره(٥٢).

ولقد كان علم الميقات فرعاً متميزاً من علم الفلك فى الإسلام باعتباره نافعاً لأداء الشعائر الدينية بطريقة صحيحة، فكان يحظى بتشجيع وقبول لا محدودين تقريباً، فلهذا الفرع من العلم بصورة خاصة يرجع الفضل فى اكتساب علم الفلك مكانة خاصة فى الإسلام(٥٣).

لذلك استهل البتانى فى كتابة الزيج الصابئ وصف الفلك بأنه أشرف العلوم منزلة واسناها مرتبة، وأعلقها بالقلوب وألمعها بالنفوس ويصف البتانى علم الفلك بأنه ميدان نشاط فيه إذكاء للذهن، وشحذ لملكة التأمل، ولا يعترف البتانى فى هذا الصدد إلا يتقدم علم الشريعة وحده على علم الفلك(٥٤).

ويذكر البتانى فى مقدمة الفوائد النافعة لعلم الفلك لأنه يتيح معرفة مدة السنين والشهور والمواقيت، وفصول الأزمان، وزيادة النهار والليل

ونقصانهما، ومواضع النيرين وكسوفهما ومسير الكواكب فـــى اســتقامتها ورجوعها وتبدل أشكالها، ومراتب أفلاكها وسائر مناسباتها[٥٥].

ويرد البتانى فى مقدمته على الذين يشككون فى علم الفلك وأنه يقلــل من الإيمان بالله بتركيزه على أن كل الفوائد السابقة التى عرضها لممـــيزات الاشتغال بالفلك والعمل به يؤدى لمن أنعم النظر وأدام الفكر فيه إلى إثبــــات التوحيد ومعرفة كنه عظمة الخالق، وسعة حكمته وجليـــل قدرتـــه ولطيـــف صنعه[٥٦].

وواضح أن البتانى يربط بين النظر والفكر ويعول عليه منهجه، وهو ما يطلق عليه فى العصر الحديث الملاحظة العقلية ومن أهم أدوات الملاحظة البصر وأن كانت تستخدم فيها كل الحواس إلا أن علم الفلك علـــى الوجـــه الخصوص يعتمد اعتمادا كليا على الرؤية البصرية الدقيقـــة مـــع اســتخدام الأدوات الأخرى مثل آلات الرصد.

ويدعم رأيه هذا والخاص بصلة الدين بالفلك، بالآيات القرآنية مثـــل قوله تعالى ﴿**إن فى خلق السموات والأرض واختلاف الليل والنـــهار لآيات لأولى الألباب**﴾ (آل عمران آية ١٩٠) ﴿**وقوله الشمس والقمـــر بحسبان**﴾ (الرحمن آية ٥).

ونود أن نشير إلى بعض علماء الفلك الذين وثقوا صلة الفلك بالإيمان وأشادوا بأهميته واتفقوا مع البتانى فى ذلك. فعلى سبيل المثال نذكر "حبـــش الحاسب" (المتوفى حوالى ٨٦٥م) الذى يؤكد على الاستدلال علـــى عظمـــة الخالق سبحانه من خلال علم الفلك[٥٧] ويوافقه فـــى الـــرأى مؤيـــد الديـــن

"العرضى" فى القرن الرابع عشر حيث يقول عن فوائد علم الفلك أن موضوعه يبحث فى أعظم صنع الله، وفى أروع ما خلق وفى أحكم ما فعل.

كما يرى أن فائدة علم الفلك عظيمة وخاصة على ما تدبروا فى عجائب السماء، وفى حركات الكواكب الفلكية، وللفكر المتأمل فى هذه الأمور مناسبات كثيرة، وبراهين قاطعة على وجود الله سبحانه وتعالى، ثم يلخص مؤيد الدين "العرضى" إلى التأكيد على أن علم الفلك يقود إلى العلم الآلهى، وأن فيه دليلا على عظمة الله تعالى(٥٨).

ومن المؤيدين لعلم الفلك وصلته بالإيمان "شمس الدين محمد بن على بن إبراهيم بن زريق الجيرزى"(٥٩) فقال حين لخص زيج أبن الشاطر : "أن كل من لديه القدرة الذهنية المطلوبة... واجتهد فى التأمل فى عجائب السماء وحركات الأفلاك وبحث فى دقائق الأمور وفى حقائق الكون، ويجد فى كل ذلك برهاناً قاطعاً على وجود الخالق وعظمته، وستظهر له بوضوح وحدانية الله وجلاله وروعة أفعاله وسمو قدرته"(٦٠).

الفصل الثاني

منهــج البتانــى فى البحــث

ويذكر البتانى فى مقدمته لزيج الشروط الواجب توافرها فى بـــاحث علم الفلك ثم يحدد المنهج الذى يسير على خطواته كما يوضح الأسباب التــى أدت إلى البحث فى موضوع الفلك.

١- الشروط التى وضعها البتانى لباحث علم الفلك :

من خلال ممارسة البتانى لأعمال الفلك والرصد الذى قام به علـــى مدينته الرقة وأشار إلى علم الفلك صعب وجليل وأنها صناعة سمائية جسمية لا تدرك إلا بالتقريب[٦١] فمن أجل ذلك وضع عدة شروط لابد أن نتوفر فــى باحث علم الفلك فيؤكد على ضرورة تحديد البحث والمثابرة والتحلى بالصبر على الأرصاد وتدقيقها فعبر عن ذلك قائلاً : "ومن الذى يكـــون فيـــها مـــن تقصير الإنسان فى طبيعته عن بلوغ حقائق الأشياء، فى الأفعال كما يبلغـــها فى القوة يكون يسيراً غير محسوس عند الاجتهاد والتحرز ولا سيما فى المدد الطوال وقد يعين الطبع، وتسعد الهمة، وصدق النظـــر، وأعمـــال الفكـــر، والصبر على الأشياء وأن عسر أدراكها"[٦٢].

ويشير البتانى إلى معوقات البحث والأسباب التى تعرقل مـــن ســـير الباحث فى عمله الفلكى وهى أسباب خاصة بشخصية الباحث فيذكـــر عـــدة صفات غير حميدة فى الباحث العلمى وهى قلـــة الصـــبر، ومحبـــة الفخـــر والحظوة عند ملوك الناس بإدراك ما يمكن إدراكه على الحقيقة فى ســـرعة إدراك ما ليس فى طبيعته أن يدركه أحد"[٦٣].

ويرسم البتانى فى مقدمة الزيج منهج الدراسة الذى يسير عليه فـــى الكتاب ويضع خطوات منظمة مرتبة تتلاءم مع روح المنهج العلمـــى فـــى العصر الحديث فهو يرى لابد من الباحث فى علم الفلك أن ينظر فـــى هـــذا العلم بكل دقة ثم يرجع إلى المصادر والكتب التى تناولت علم الفلك وحركات النجوم وأن يقرأ قراءة عميقة لهذه المراجع ثم ينقد هذه الأعمال من خلال ما أضافوه على السابقين عليهم والرجوع إلى الأرصاد القديمة والأرصاد التـــى قام بها السابقون عليهم.

ويعلل أن أسباب الاختلاف فى الرصد ترجع إلى الشمس والقمر وما يستدل عليها بأزمان الكسوفات وأوقاتها فيجب على الباحث بعد معرفة أسباب الاختلاف والتعارض أن يعيد النظر فى البحث ويضيف الجديد مـــن خـــلال اعتماده على البرهان الهندسى والحسابى والعددى[٦٤].

٢- تطبيق المنهج :

وقد طبق البتانى هذه الخطوات العلمية على نفسه وسار عليها بكـــل دقة ورجع إلى المصدر الرئيسى فى علم الفلـــك وهـــو كتـــاب المجســـطى لبطليموس وأنه سار على منهجه وخطواته فى الوصول إلى اليقين من خلال اعتماده على البرهان الهندسى والعددى. كما أنه يعطى لنفســـه حـــق النقـــد والاعتراض على الخطأ مثله مثل بطليموس الذى نقد إيرخس وغير العديـــد من نظرياته فى مسار علم الفلك[٦٥].

وبذلك يؤكد البتانى على أهمية النقد كخطوة هامة من خطوات البحث العلمى حتى لو كان الذى ينقده عالم كبير وله شأنه فى ميـــدان الفلـــك مثـــل بطليموس فهو لا يؤمن بالسلطة أو الهيمنة العلمية وهذا المعنى هو ما أكـــده

الحسن بن الهيثم فيما بعد (٣٥٤هـ- ٤٣٠م) حين وضع خطوات وشروط البحث العلمى أهمها التحذير من الميل إلى الهوى والالتزام بالمنهج الاستقرائى القائم على الحس والعقل معاً وأيضاً نجده نقد بطليموس فى مقالته "الشكوك على بطليموس"(٦٦) وأكد أن العلماء غير معصومين من الخطأ والذلل٠

وأكد هذا المعنى فيما بعد "فرنسيس بيكون" فى القرن السابع عشر الميلادى (١٥٦١- ١٦٢٦م) حين وضع منهجه الاستقرائى الجديد فأشار إلى الجانب السلبى ووضع الأوهام الأربعة وأهمها أوهام المسرح والتى تضع بعض العلماء فى الصفوة الممتازة وتنزهم عن الخطأ نتيجة الصدق المطلق فيهم فى اعتناق آرائهم كما هى دون نقض ونقد أو تمحيص مما يعرضنا للوقوع فى الخطأ(٦٧)٠

ويذكر البتانى فى المقدمة أهم الأسباب التى دعت إلى تأليف كتابه الزيج وهى عندما بحث فى كتب السابقين عليه، والمخصصة فى حركات النجوم وبعض الأخطاء، وكذلك علم الفلك تتغير أرصاده بتغير الزمان، كما أنه أراد أن يضيف الجديد مثلما فعل **بطليموس** فى كتابه **المجسطى** وأضاف الجديد على **أيرخس**٠

فمن أجل ذلك وضع كتابه الزيج ليسد الثغرات والفجوات التى كانت موجودة فى كتب السابقين فيشير إلى أن مضمون كتاب الزيج سيكون واضحاً من حيث المعانى أى أنه سيتناول بالشرح والتحليل المصطلحات الفلكية الغامضة والغريبة المعنى وسيحل الصعوبات والمشكلات التى حلت بعلم الفلك٠

وقام البتانى بتلخيص علم الفلك من الخرافات والخزعبلات وما اتصل به من السحر والتنجيم فهو عبر عن ذلك قائلاً "وبينت ما أشكل من أصول هذا العلم، وشذ عن فروعه"(٦٨).

ويوضح البتانى بعض الأعمال التى قدمها فى زيج الصابئ وهى محاولة تبسيط هذا العلم وجعله سهلاً ويسيراً على الدارسين المتخصصين والمتعمقين فى عمل صناعة النجوم.

ومعنى ذلك أن كتابة الزيج يخص فئة معينة وهم طلاب علم الفلك فقط لا غير وليس كتاباً للمبتدئين أو المثقفين بل هو كتاب خاص لدارسى الفلك وهذا تحديد دقيق للبتانى يدل على أنه انفرد وتميز عن المعاصرين له الذين يتصفون بالشمولية والموسوعية وتعدد التخصصات العلمية بل البتانى تخصص فى علم الفلك وفى جانب خاص منه وهو فرع الرصد أو كما يطلق عليه فى العصر الحديث علم الفلك العملى أو التطبيقى.

ويشير البتانى فى المقدمة أنه قام بعملية تصحيح لحركات الكواكب وتعيين مواضيعها من منطقة فلك البروج على نحو ما وجدها بالرصد وحساب الكسوفين(٦٩) كما قام بتصحيح كل ما يجده يحتاج إلى ذلك من تصحيح وتوضيح.

ثم يتحدث البتانى بعد ذلك عن الاضافات الجديدة التى قدمها معبراً عن ذلك قائلاً "وأضفت إلى ذلك غيره مما يحتاج إليه"(٧٠) ثم ينهى البتانى مقدمة كتابه الزيج موضحاً الإضافات الجديدة وهى تتمثل فى الجداول التى

وضعها وبين فيها استخراج حركات الكواكب لوقت انتصاف النهار من اليوم الذى يحسب فيه بمدينة الرقة"[٧١]٠

ويقدم البتانى سجل بأعمال الرصد التى قام بها على مدينة الرقة مؤكداً على أن هذه الأرصاد قد أجرى عليها اختبارات دقيقة ويعبر بقوله "كان الرصد والامتحان على تحذيق ذلك كله[٧٢]٠

وكما بدأ البتانى بذكر الله تعالى فهو يختم المقدمة بذكر الله تعالى وبالله التوفيق[٧٣]، وهكذا نلاحظ أن البتانى قدم عرضاً شيقاً ومحكماً لمقدمة كتابه "الزيج" بداية من التنظيم والتصنيف والترتيب الذى يحتوى عليه الفهرس إلى عرضه للمقدمة مبيناً فيها قيمة علم الفلك والاعلاء من شأن هذا العلم ومزاياه العديدة ومكانته الرفيعة والتى تجعل من عالم الفلك عابداً فى محراب (الله) والنجوم يتأمل آيات الكون وجماله ويزداد إيماناً على إيمان٠

وقد حصر البتانى الآيات القرآنية التى تتصل اتصالاً وثيقاً ومباشراً بالفلك وأهميته، ثم يتدرج بعد ذلك لعرض مفهوم الفلك وفوائده العملية بجانب الفائدة الدينية والروحية إلى عرض الشروط الواجب توافرها فى الباحث الذى يبحث فى علم الفلك٠

ويتطرق البتانى بعد ذلك ليبين الهدف من تأليف هذه الكتاب والأسباب التى دفعته لذلك مبيناً مواطن النقص والضعف والخلل فى الكتب السابقة التى قرأها بعمق ودقة٠

ومن أخصب عناصر مقدمة البتانى تناوله المنهج الذى يسير عليه ووضع خطة علمية منظمة كما أوضح أيضا الجديد الذ سيضيفه وأكد على أهمية الجداول الدقيقة والتى سجلها بعد اختبارها واختيار الأصوب والأدق منها لكى تكمل عمل العلماء السابقين عليه٠

ونبه البتانى فى مقدمته على أهمية النقد الموضوعى والذى يكون الحكم النهائى والفاصل فيه هو البرهان ووصف البرهان اليقين والذى لا يوجد به شك هو البرهان الهندسى والعددى٠

فقد عبر عن قيمة البرهان عند معرض حديثه عن معرفة أبعاد ما بين الكواكب فى رسمها ومواضع بعضها ببعض قائلا : "وقد وضح بالبرهان أن كل ذى أربعة أضلاع يقع فى دائرة"[٧٤] وتوجد نماذج عديدة وأمثلة فى كتابه الزيج تؤكد على استخدامه للبرهان٠

ويبين البتانى فضل بطليموس فى علم الفلك ومنهج النقدى للسابقين عليه والذى يجب على كل باحث أن يسير على هدى خطاه٠

ومن خلال ما سبق نجد أننا أمام مقدمة من الطراز الحديث فى فن الكتاب ومن الباحثين المعاصرين، ويعلق د٠ قدرى طوقان فى كتابه تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك قائلا : "إنك إذا تقرأ هذه المقدمة تشعر كأنك تقرأ مقدمة كتاب حديث من وضع أحد كبار علماء هذا العصر"[٧٥]٠

٣- الأسلوب عند البتانى :

يمتاز البتانى بالأسلوب النقدى فهو لا يقبل الآراء الخاطئة فهو يتميز بالشجاعة العلمية وتمسكه بالعلم اليقينى- كما ذكرنا سابقا وإخلاصه لعلمه

وبعده عن الأوهام فهو قد انتقد علماء الفلك السابقين عليه وبين أخطاءهم فـى مجال الرصد ووضح أسباب الخطأ وقسمه إلى نوعين إما خطأ فـــى الآلات الرصد نفسها أم خطأ شخصى يرجع إلى الراصديين أنفســـهم. كمـا نقـد بطليموس فى بعض آراءه الفكلية.

وكان البتانى يتميز بالنزعة التاريخية أى البحث فى تاريخ الأفكـــار عند السابقين عليه ويعرض رأيهم ثم يعرض رأى المعاصرين لـــه ويبيــن أسباب الاختلاف والاتفاق بينهما ويبين أيهما الأصوب فـــى الـــرأى ويبيــن الحقيقة ثم بعد ذلك يبين رأيه مدعماً بالإضافة الجديدة ومبيناً وجهـــة نظـــره الشخصية ورأيه مبرهنا عليه بالدليل الذى يقطع الشك باليقين.

ويمكن القول أن البتانى له أسلوب يتميز بالموضوعية والبعـــد عــن الذاتية واتباع الهوى فقد كان موضوعياً ويستند إلى العقل والاستدلال والقياس وكل ذلك واضحاً فى كتابه "الزيج الصابئ".

كذلك كان البتانى يركز فى أسلوبه على شرح وتوضيـــح عمليـــات الرصد التى قام بها وتوضيح العمليات الحسابية فكأنه يحاضر لطلاب بحـــث متخصصين فى دراسة الفلك. كما أشرت سابقاً.

كما يغلب على كتابته أسلوب الحوار والمخاطبة فيقول مثـــلاً : "وأن أردت أن تعرف القسى الراجعة من قبل هذه الأوتار فأنظر فإن كان الوتــــر الذى تريد أقل من ستين درجة فانقصه من سنين"[٧٦].

وكان يغلب على أسلوب البتانى اللغة الرياضية العلمية الباحتة لأنـــه كان يستخدم العمليات الحسابية والرسوم الهندسية، فمزج علم الفلــك بـــالعلم الرياضى بالإضافة إلى المنهج التجريبى القائم على ملاحظة الظواهر الفلكيـة والفروض العلمية ومثال على ذلك فى قولـــه : "٠٠٠ ثـم أفــرض أجــزاء المقياس كم شئت وأضرب وتر تمام الارتفاع فى أجزاء المقيـــاس٠٠٠"(٧٧) وأيضا يقول "فخذ الساعات من طلوع الشمس إلى الســـاعة المفروضـــة"٠٠ وأيضا يقول "فهو مقدار الارتفاع عن الأفق فى تلك الساعات المفروضة قبل نصف النهار٠٠٠"(٧٨)٠

٤- اللغـــة عند البتانـــى :

إذا كان البتانى قد اهتم بالفـــهرس والتبويـــب والتصنيـــف وتنظيـــم الموضوعات التى يعالجها، فهو قد اهتم أيضا باللغة التى كـــان يكتـــب بـــها وتمتاز لغة البتانى بأنها لغة علمية واضحـــة دقيقـــة واهتـــم بالمصطلحـــات وبتحديد مدلولها واستخدامها فى كتابه "الزيج الصابئ"٠

ويشير د٠ عمر فروخ إلى أهمية اللغة العلمية قائلا : ومن الأمـــور المهمة فى لغة العلم وضع المصطلحات موحدة ولا يجوز أن يدل المصطلـــح الواحد على مدركين ولا أن يكون للمدرك الواحد مصطلحان أو أكثر(٧٩)٠

ثم يؤكد د٠ عمر فروخ على أهمية توحيد المصطلح العلمى فيرى أن من الصعوبات التى تواجه العلماء إذا كان المصطلح العلمى غير محـــدد أو يحمل أكثر من معنى ويقدم مثال على ذلك وهو الخط المنحنى والذى عـــبر عنه البيرونى بأنه الخط المنكسر فإن اختلاف اللفظى المنكسر والمنحنى قـــد أوقع العلماء فى حيرة من تحديد معنى هذا المصطلح لذلك فـــإن د٠ عمـــر

فروخ يدعو إلى أن تكون المصطلحات موحدة لكل مدرك مصطلح لا غير، ولكن أحيانا يحدث تساهل فى إطلاق مصطلح واحد على مدركين مختلفين فى علمين اثنين ويقدم مثال على ذلك كقولنا : جذر الجزء الذى يغيب من النبات فى الأرض وجذر "للعدد المجهول فى الجبر"(٨٠).

وقد عرف البتانى معنى الجذر بقوله "أن الجذر كل عدد مطلق من أى الأعداد كان هو ما إذا ضرب فى مثله كان المجتمع منه هو العدد المفروض"(٨١).

ويتضح مما سبق أن لغة العلم هى فى التعبير الدقيق الواضح ووضع المصطلحات العلمية ضرورى فى جعل التعبير عن وجوه العلم المختلفة يؤدى إلى التفريق الصحيح بين وجوه العلم ثم يصير تعبيرا واضحا عن كل وجه من تلك الوجوه(٨٢) وذلك ما نجده عند البتانى فهو يراعى الدقة والوضوح فى أبحاثه العلمية.

٥- المصطلحات عند البتانى :

وقد حفل كتاب الزيج الصابئ للبتانى بالعديد من المصطلحات الفلكية والمصطلحات الرياضية والمصطلحات الخاصة بالحساب والجبر بحيث لا تخلو صفحة واحدة من صفحات الزيج إلا وتحتوى على مصطلح أو أكثر وهو يقوم بتعريف المصطلح وتحليل معناه وشرحه وتوضيحه.

مما يؤكد على أنه اتبع مذهب فلاسفة العلم المحدثين الذين يهتمون بتوضيح وشرح مصطلحات لغة العلم. وهذا ما دعا إليه د.زكى نجيب محمود أن الفلسفة ينبغى أن تكون تحليلا صرفا وتحليلا لقضايا العلم، ويعد

التحليل هو اكتشاف مكونات الكل المعقد والعلاقات بينها حتى يمكن تسميته بتفكير فى شكل العلاقات[٨٣].

وكان البتانى متخصصاً فى علم الفلك ولم يعمل بغيره سوى علم الرياضيات ولم تكن له علاقة بالفلسفة فهو قد اتبع مذهب بطليموس القائم على العلم المنطقى والبرهان الهندسى والعددى، وبعد كل البعد عن مذهب أرسطو الفلسفى لذلك لم يكتب البتانى فى المشكلات الفلسفية التى كانت سائدة فى عصره ولا نلمح الحسن الفلسفى الميتافيزيقى فى كتابه "الزيج"، إلا أننا يلوح لنا أن لديه بعض مفاهيم ومبادئ الفلسفة العلمية التى تعد بمثابة الأداة الشارحة للغة فضلاً على أنه عالم يملك الأدوات المنهجية والعلمية الخاصة بعلم الفلك.

أولاً : المصطلحات الفلكية :

ونقدم بعض نماذج من المصطلحات الفلكية التى تناولها البتانى فى الزيج وهى :

١- مصطلح خط عرض الجسم السماوى :

يوضح البتانى هذا المصطلح بقوله : "أن كل جسم يقع على دائرة البروج السماوية يكون خط عرضه السماوى مساوياً للصفر، أما إذا كان الجسم السماوى موقعه فى مكان آخر فإن طول القوس بين دائرة البروج والجسم السماوى هو عبارة عن خط عرض الجسم السماوى"[٨٤].

٢- مصطلح ميل الجسم السماوى :

هو بعده عن دائرة معدل النهار (الدائرة الاستوائية السماوية)[٨٥].

٣- مصطلح قوس نهـــار النجـــــم :

يعرفه البتانى بأنه مكان النجم من حين يطلع إلى أن يغيب وهو مـــا يطلع من فلك معدل النهار من طلوع النجم إلى مغيبه[٨٦].

٤- مصطلح ميل فلك الـــــبروج :

وهو المحل الهندسى لحركة الشمس الظاهرية الذى ترسمه الشـــمس فى مدة عام. وهو بذلك دائرة عظمى وهذه الدائرة تقسمه إلى أربعة نقـــاط نقطتى الاعتدالين الربيعى والخريفى ونقطتى الانقلابين الصيفـــى والشـــتوى وهى تميل على الدائرة الاستوائية بزاوية تابعة تسمى ميـــل فلـــك الـــبروج ٣٥ ٢٣ .

٥- مصطلـــــح عرض البلـــــد :

يعرف البتانى عرض البلد بقوله "هو ارتفاع القطب الشـــمالى فـــى سماء هذا البلد عن دائرة الأفق وهو أيضا ارتفاع الشمس وقت الظـــهيرة إذا طرح من ٩٠ وجمع الناتج بعد الشمس عن معدل النهار أى قبلها.

ثانيا : المصطلحات الرياضيـــــة :

اشتمل الزيج على العديد من المصطلحات الرياضية والهندسية التـــى قدمها وشرحها البتانى ونشير إلى بعض نماذج منها :

١- مصطلح الضــــرب :

يعبر عن معنى الضرب بأنه تضاعف أحد العددين بقدر آحاد الآخـــو عن ضرب الآحاد"[٨٧].

٢- مصطلح ضرب الكسور فى الكسور :

يحدد معنى هذا المصطلح عن طريق تجزئ أحد الكســـرين حســـب الرغبة بقدر الكسر الآخر من الواحد[٨٨].

٣- مصطلـــــح القسمـــــــة :

يوضح البتانى معناها بأن "تعرف ما يكون من أضعاف الأكثر بالأقل وأن تعرف جزء الأقل من الأكثر إذا كان الأقل هو المقسوم"[٨٩].

الجدول الخاص بالضرب والقسم

درج	دقايق	ثوان	ثوالث	روابع	خوامس	سوادس	سوابع	ثوامن	تواسع	عواشر
دقايق	درج	دقايق	ثوان	ثوالث	روابع	خوامس	سوادس	سوابع	ثوامن	تواسع
ثوان	دقايق	درج	دقايق	ثوان	ثوالث	روابع	خوامس	سوادس	سوابع	ثوامن
ثوالث	ثوان	دقايق	درج	دقايق	ثوان	ثوالث	روابع	خوامس	سوادس	سوابع
روابع	ثوالث	ثوان	دقايق	درج	دقايق	ثوان	ثوالث	روابع	خوامس	سوادس
خوامس	روابع	ثوالث	ثوان	دقايق	درج	دقايق	ثوان	ثوالث	روابع	خوامس
سوادس	خوامس	روابع	ثوالث	ثوان	دقايق	درج	دقايق	ثوان	ثوالث	روابع
سوابع	سوادس	خوامس	روابع	ثوالث	ثوان	دقايق	درج	دقايق	ثوان	ثوالث
ثوامن	سوابع	سوادس	خوامس	روابع	ثوالث	ثوان	دقايق	درج	دقايق	ثوان
تواسع	ثوامن	سوابع	سوادس	خوامس	روابع	ثوالث	ثوان	دقايق	درج	دقايق
عواشر	تواسع	ثوامن	سوابع	سوادس	خوامس	روابع	ثوالث	ثوان	دقايق	درج

٤- مصطلح المثلث الكرى :

ويوضح معناه بأنه مثلث مرسوم على كرة بحيث تكون أضلاعه هى أقواس من دوائر عظمى، أما طول الضلع فيعبر عنه بقيمة الزاوية المقابلة له عند مركز الكرة[٩٠].

وهذه بعض نماذج من مصطلحات البتانى الفلكية والرياضية ذكرناها على سبيل المثال لنوضح كيف كانت لغته علمية ودقيقة.

الفصل الثالث

آراء البتانى فى الرياضة والفلك

أرى أنه من الأفضل إذا أردنا أن نقف على أعمال البتانى وأهم إنجازاته الفلكية علينا أن نحدد موقعه من موقع الفلك الحديث، ولماذا كتبت لإنجازاته الفلكية الخلود ووضعها مع صفوة الأبحاث العلمية فى تاريخ علم الفلك.

فالمفهوم الحديث لعلم الفلك هو علم الهيئة الذى يبحث فيه عن ظواهر الأجرام السماوية وقوانين حركاتها المرئية والحقيقية ومقاديرها وأبعادها وخصائصها الطبيعية[٩١].

وينقسم علم الهيئة الحديث إلى خمس أقسام[٩٢]، وسنركز فقط على الأقسام المشتركة بينها وبين أعمال البتانى التى تتوافق وتعبر عن مفهوم هذه الأقسام الحديثة لعلم الهيئة.

فالقسم الأول : ويسمى علم الفلك الكرى، وهو خاص بالرصد لحركات الكواكب وأوضاعها بعضها لبعض وكذلك بالنسبة إلى دوائر ونقط مفروضة فى الكرة السماوية[٩٣]، ويختص هذا القسم بقوانين الحركات المرئية اليومية والسنوية للكواكب واستخدامها لتقدير تقدم الزمن وتعيين المواضع السماوية والأرضية على قواعد الإعتدالين[٩٤]، وتمايل محور الأرض وهذا القسم مبنى خصوصا على علم حساب المثلثات الكرية وله علاقات بالجغرافيا الطبيعية[٩٥].

وبمقارنة أعمال البتانى فى الزيج الصابئ وإسهاماته فى رصد الكواكب وأوضاعها، واستخدامه لعلم حساب المثلثات الكرى يمكن القول أن البتانى عمل فى هذا المجال مع الأخذ فى الاعتبار اختلاف الزمن بين هذا المفهوم الحديث وبين عمل البتانى (منذ وفاته ٣١٧هـ- ٩٢٩م)٠

أما القسم الآخر والأخير من أقسام علم الفلك الحديث وهو علم الفلك العلمى وينقسم إلى جزاءين، فالجزء الأول خاص بالرصد ويشتمل على نظرية الآلات الأرصدية وكيفية الأرصاد وقياس الزمن٠

بينما الجزء الثانى خاص بطرق عمل الزيجات والتقاويم[٩٦]، وقد أبدع البتانى فى هذا المجال وجاء زيجة الصابئ حافلاً بأعمال الرصد وشرح آلات الرصد والتقويم وهذا ما ستكشف عنه الدراسة فيما بعد٠

ويمكننا تصنيف أعمال البتانى إلى أربعة أقسام وهى :

١- خاص بالأعمال الفلكية٠
٢- خاص بالآت الرصد وطريقة صنعها واستخداماتها٠
٣- خاص بالتقويم الهجرى٠
٤- الرياضيات وتطبيقها فى مجال الفلك وعمل الجداول٠

ومن المهم أن نشير إلى الرياضيات عند البتانى فهى متداخلة تداخلاً عميقاً فى أعماله الفلكية بحيث يصعب الفصل بينها وبين أعماله الفلكية، وإنما أردنا أن نكشف على أهمية البتانى فى استخدامه لها لنوضح ما تميز به البتانى من سعة علمه وتفوقه ووصوله إلى العالمية فى مجال الفلك٠

كما أننا نرى من الأفضل البدء بإنجازاتـــه الرياضيـــة لأن أعمالـــه الفلكية توضح تطبيقه للرياضيات والاستعانة بها فى عمل الجداول وتحديـــد الأزمان وحسابات الرصد· وتعيين أوقات التقويم·

أولاً : إنجازاتـــه الرياضيـــــة :

يعد البتانى من أوائل العلماء الذين مزجوا علـــم الرياضيـــات مـــع القياسات الفلكية بمهارة رفيعة المستوى مستخدماً المســـقط التقريبـــى لحـــل المسائل البالغة الصعوبة فى حساب المثلثات الكرية·

وتمكن البتانى بحل هذه المسائل بعد أن توصل إلى قـــانون تناســـب الجيوب فى حساب المثلثات واستفاد العالم الرياضى "ريجو مونتا توتس" مـــن هذا القانون وحل المسائل الصعبة، وقد أطلق البتانى مصطلح الوتر بدلاً مـــن جيب الزاوية[٩٧]·

قـــانـــون التناســـــب هـــــو :

أ ب جـ

ـــــ ـــــ ـــــ حيث أ، ب، جـ أطوال أضلاع المثلث

جا أ جاب جا جـ

أ، ب، جـ هى زوايا المثلث·

كذلك درس البتانى خطوط التماس بالأقواس واستخدامها على نطـــاق واسع فى حساب الأرباع الشمسية فى الفلك وأطلق عليـــها البتـــانى الظـــل الممدود أما فى العصر الحالى يطلق عليه فى حساب المثلثات والهندسة خـــط التماس[٩٨]·

ومن أبرز أعماله الرياضية إكماله تعريف الظل وظل التمام (تحـــت اسم الظل المعكوس والظل المستوى، وحسب جداول لظل التمام بزيادة درجة قوسية واحدة فى كل خطوة وكما توصل البتانى إلى اكتشاف قـــانون جيـــب التمام فى المثلث الكروى[٩٩].

قـــانـــون جيب التمام وهـــــو :

أ٢ = ب٢ + جـ٢ - ٢ب جـ جتا أ

مربع طول أى ضلع فى مثلث يساوى مجموع مربعــــى الضلعيـــن الآخرين مطورحاً منه ضعف المستطيل المكون من أحدهما فى مسقط الأخر عليه.

ومما يؤكد على المهارة الرياضية للبتانى وتعمقه فيها استخدامه لأول مرة الحلول الجبرية الرياضية فى حل المسائل الهندسية ولا سيما المســـــائل التى قام عليها اليونان بحلها هندسياً من قبل.

وتمكن البتانى عن طريق الحلول الجبرية إلى حلول للزوايـــا التـــى كانت تمثل معضلة صعب حلها على علماء الرياضيات السابقين عليـــه مـــن اليونان والهنود والفرس.

وقد قام البتانى بوضع معادلة رياضية صحيحة لدرجة عالية فى الدقة لقياس أكبر ارتفاع للشمس أثناء النهار أى فى وقت الظهيرة ومازال علمــــاء الفلك المعاصرين يستخدمونها حتى الآن وهى أن ارتفـــاع الشـــمس وقـــت

الظهيرة يساوى ٩٠ درجة مطروحاً منها خط العرض لمكان مضافــاً إليــها ميل الشمس فى دائرتها البروجية أقصى ارتفاع للشمس = ٩٠-ع + م٠

حيث ع خط عرض المكان

م ميـــــــل الشمــــــــس

جدول البتانى لارتفاع الشمس، وأوضح فيه حســـابات الارتفاعـــات الشمسية وطول الظل وكذلك سمت الارتفاع للست ساعات الأولى من نـــهار يوم ٢٢ يونيو أول برج السرطان حيث م = ½ ٢٣°

الساعات	الدرجة القوسية	الظل	سمت الارتفاع
١ (بعد الشروق)	١٤	٤,٠١	٤٥ً ٤١ ٧٠°
٢	٢٨	١,٨٨	٣٥ً ٤٦ ٧٧°
٣	٤٢	١,١١	٣٥ً ١٦ ٨٤°
٤	٥٦	٠,٦٧	٥٧ً ٥١ ٩١°
٥	٧٠	٠,٣٦	٠٠ ٥٣ ١٠٣°
٦ (بعد الظهر)	½ ٨٣	٠,١١	٠٠ ٠٠ ١٨٠°

الحســـــاب عند البتانــــى :

المعروف أن علم الحساب هو فرع أصيل من علم الرياضيات وقـــد استفاد البتانى من الحساب وكانت القوانين التى وضعها فـــى غايـــة الدقـــة ومازالت تستخدم فى علم الفلك إلى اليوم وما زال يستخدمها علمـــاء الفلـــك المحدثين فى معرفة ارتفاع الشمس وقت انتصاف النهار٠

ولقد لخصت الحسابات التى قام بها البتانى دون عـــرض التفـــاصيل والشرح الخاص بكل طريقة يذكرها لأنها تخص الباحثين المتخصصين فـــى الفلك ومن هذه الحسابات التى أجراها هى :

١-حساب ما يمضى من النهار وذلك عن طريق معرفة ما يمضـــــى مـــن النهار من ساعة مستعيناً بقياسات الشمس ومعرفة الطالع.
٢-حساب ارتفاع الشمس وقت الظهيرة (كما سبق أن أشرنا إليه).
٣-معرفة ارتفاع الشمس فى الوقت المراد معرفة ما مضى من النهار.
٤-معرفة قوس النهار الراجع.
٥-حساب ما دار من الفلك من طلوع الشمس وقيمته تساوى نصف قـــوس النهار.
٦-معرفة ارتفاع الشمس فى السماء إذا علم ما مضى من ساعات نهار ذلك اليوم.

وهذه الأعمال أثبتها البتانى فى جداول رياضية وحسابية تربط بيـــن الفلك والرياضة وهى كثيرة عنده، وقد أشرنا إلى بعض النماذج منها علـــى سبيل المثال كما قام بالرسوم الهندسية والمعادلات الجبرية.

ثانياً : إنجـــازاتـــه الفلكيـــــة :

كانت أخصب وأغرز أعمال البتانى الفلكيـــة فـــى مجـــال الرصـــد وابتكاره وصنعه لعديد من الآلات ووصفها وشرح طريقة استخدامها، وسوف نتحدث عن آلات الرصد بعد التعريف بعمل الرصد وكيف كانت بدايته قبلـــه ومن هم أشهر علماء الرصد وماذا أضاف هو إلى الرصـــــد وكيـــف مـــهد الطريق لعلماء الفلك اللاحقين بعده وأشادوا بأعماله فى الرصد مثل البيرونى وغيره من علماء الفلك.

١- تحديد مصطلح الرصد :

يقصد بالرصد هو النظر فى أحوال الأجرام العلوية بالآلات مخصوصة وضعها الحكماء لهذا الغرض، وانعقاد الرصد لا يتم إلا على ثلاث عناصر أساسية هى :

أولاً : مكان الرصد : وهو ربوة مرتفعة وفضاء٠

ثانياً : آلة الاسطرلاب٠

ثالثاً : تحديد الوقت والساعة التى يتم فيها الرصد، كما يتضمن ثلاث صفات هامة خاصة ببناء المرصد وهى(١٠٠).

الصفة الأولى : هى أن تكون ممرات الكواكب ونقطة تقاطع مساراتها عبر خط منتصف النهار ويمكن أن تشاهد فيه [أى بيت رصد] ووجه اختيار ممرات منتصف النهار بدرجتى طلوع الشمس وغروبها هو أن رؤية دائرة منتصف النهار تكون يقينية بينما لا يكون الأفق الحقيقى مرئياً، فالمشاهد هو أفق واحد من بين عدة أفاق مشاهدة وعلى غرار ذلك فإن يوماً بليلته عند الفلكيين هو من منتصف النهار إلى منتصف النهار، وليس من طلوع إلى طلوع، أو من غروب إلى غروب٠ **الصفة الثانية :** هى أن تكون رؤية جميع الكواكب فى بلدة معينة ممكنة فى بيت الرصد حتى لو كان بعض تلك الكواكب غير مرئى٠ **الصفة الثالثة :** هى أن تكون الكواكب مرئية فى هذا البيت خلال النهار مثلماً ترى فى الليل، ذلك أن بعض هذه الكواكب تصل خط منتصف النهار فى الليل بينما تصله أخرى فى النهار(١٠١).

شروط بناء المرصد :

لبناء المرصد طريقة خاصة وشروط معينة يجب توافرها من أجل بنائه وهى :

١-لابد من توافر ربوة فى غاية الارتفاع فى ضاحية البلدة وتتم تسوية سطحها مثل (بناء مرصد ابن يونس المصرى على جبل المقطم بالقاهرة)٠

٢-ثم يقام جداران متقابلان، أحدهما فى مواجهة المشرق والأخر فى مواجهة المغرب٠

٣-وتكونان للهذين الجدارين أربع أذرع أو ربما أقل، وطول كل جدار ٤٠٠ جاز وارتفاع كل واحد من هذين البناءين (العمارة) ١٠٠ جاز وربما أكثر من شرط أساسى أن يكونا فى حالة توازى٠

٤-أن تكون المسافة ما بين الجدارين موازية من حيث الطول لخط نصف النهار ومسامته له وهذين الجدارين المتقابلين اللذين يشكلان بناء ذا سقف واحد يجب ألا يفهما على أنهما يتكونان من غرفة واحدة٠ بل فإن هذا البناء الذى له سقف واحد سوف يشتمل على حجرات كثيرة ذات أحجام متعددة[١٠١]٠

ومن خصائص بناء المرصد بأن يتم اختيار ربوة، وبناء فضاء ولابد من هذا الفضاء أن يكون محاذياً ومسامتاً لنصف النهار، فإن الكواكب التى تقع فى الشمال وفى الجنوب، وكذلك التى تقع فى دائرة البروج تكون مرئية فيه وهذا متعلق بالفضاء٠

أما الشروط الخاصة بالربوة فلابد أن يكون على سطح ارتفاع معين أعلى من سطح المنطقة المحيطة، فإن رؤية كوكب قد يكون فى أقصى الشمال أو فى أقصى الجنوب تصبح ممكنة من خلالها أيضاً٠

كذلك لابد من مواصفات خاصة للحائطين أن يكونان فى حكم الأفق المحسوس بالنسبة للناس الذين يكونوا فى داخل هذا البناء ويكون هناك ليل داخل ذلك الفضاء إلى أن تصبح الشمس قريبة من دائرة نصف النهار وستتعاقب رؤية الكواكب فيها خلال النهار باستثناء بعض الكواكب والتى تكون وقت مرورها بدائرة نصف النهار قريبة من وقت مرور الشمس من الدائرة نفسها(١٠٣).

ومن الأمور الهامة فى إتمام المرصد هو معرفة الوقت والساعة، ومن الفضاء الذى بين الجدارين يظهر المسار لكل كوكب بمقدار ثلاث أو أربع درجات أو أكثر أو أقل. وعلى ذلك فإنه فى كل مرة يرتفع فيها كوكب من حافة الجدار، يصبح ضرورياً وضع المؤشر أى طرف العضادة فى علامة الدرجة، ووضع طاس الساعة فى ماء عندما يشاهد الكواكب من خلال الثقبين وبعد هذا يتم تحريك العضادة (الخاصة بآلة الاسطرلاب) أى أن يجعل المؤشر متفقاً مع درجة أخرى. ويتم بعد ذلك رصد الكوكب إلى أن يبلغ النقطة الثانية هذه، وبهذه الطريقة، فإن مقدار الزمن الذى يقطعه كوكب لاجتياز القوس المقصود سيصبح معلوما أو سيصبح محسوسا ومع كل واحدة من هذه العمليات فإن مقدار حركة كوكب مفروض سيصبح معلوما. ويجب إثبات هذا المقدار فى جدول هذا الكوكب ومن هذا يتم تصنيف الزيج.

هذه هى خصائص وشروط بناء المرصد فهل كل هذه الشروط توافرت فى مرصد البتانى بمدينة الرقة مع العلم بوجود مراصد قبله فى عهد الخليفة المأمون (٨١٣م : ٨٣٣م) مثل مرصد الشماسية، ومرصد قاسيون، ومرصد دير مران، ومرصد بغداد، ومرصد تدمر.

كما كان قبل البتانى علماء رصدوهم "يحيى بـــن أبـــى المنصـــور"، و"الخوارزمى"، "ويحيى بن أكثم"، "وخالد بن عبد الملك المرورذى"، و"ســـند بن على"، "وأحمد النهاوندى"، و"على بن عيسى الاسطرلابى"، وهؤلاء قـاموا ببعض أعمال الرصد نذكر على سبيل المثال :

١- رصد النجـــوم المتحيرة.
٢- رصد الكـــواكب السبعة.
٣- رصـــد الشمـــس والقمر.
٤- قيـــاس محيــــط الأرض.
٥- رصد الاعتدالين الربيعى والخريفى.
٦- اكتشــــاف حركة أوج الشمـــس.
٧- تحديد طول السنــــة الشمسيــــة.
٨- تحديــد ميــل فــلك الـــبروج.
٩- اختلاف مركز دوران الشمس ومواقع أوجاتها.
١٠-إيجاد تقويم شمسى وأحياء يوم السنة الجديدة عند الفرس.
١١-رصد الشمس والقمر ويتعلـــق بـــالتركيز علـــى حســـاب الكســـوف والخسوف.

وهذه بعض نماذج من أعمال الرصد عند الفلكيين الســـابقين علـــى البتانى فماذا أضاف البتانى إلى هذه الأعمال الفلكية؟

جدير بالذكر أن نوضح الأهداف الخاصة بناء المراصد فـــى عـــهد المأمون فقد أنشئ المرصد لأجل غرض هام يتمثل فى تحديــث المعطيـــات الخاصة بمواقع الكواكب وذلك من خلال الإستعانة بعمليات رصـــد جديـــدة تجرى بآلات هامة وذات تصميم دقيق، وبعد ذلك يتم جمع النتائج فى زيـــج

أى فى كتاب يحتوى على جداول فلكية وملحقاتها فضـــلاً عــن معلومــات وإرشادات خاصة بطريقة استخدامها.

وتعتبر المراصد فى عهد المأمون أشبه بـــأبراج الرصـــد لأنـــها لا تتطابق فى بناءها للشروط والمواصفات الخاصة ببنـــاء المراصـــد وبـــرج الرصد، يعنى أن هناك مكاناً مؤقتاً تجرى فيه عمليات الرصد وكانت هـــذه الأبراج الرصدية لها نظام عمل وبرامج مؤقتة وتعتمد علـــى آلات بســيطة ومتواضعة[١٠٤].

مـــرصـــــد "بنومـــوســـى" :

وبعد عهد المأمون أنشئت عدة مراصد خاصة بالأفراد مثل مرصـــد بنو موسى وأغلب عمليات الرصد التى قاموا بها كانت ما بين عـــام (٢٤٣م وعام ٢٥٤هـــ) أى منذ عام ٨٥٨ تقريباً وحتى عام ٨٦٩م وقـــاموا بســت عمليات رصد وأول عملية رصد كانت ما بين عامين ٨٤٠م- ٨٤١م وكانت أخرها فى عام ٨٦٩م[١٠٥].

كانت معظم عمليات الرصد لبنو موسى قد أجريت فى بغداد وفيـــها رصدوا الكواكب المتحيرة، وقياس لاوج الشمس وحضيضها[١٠٦]، كما قـــاموا بعمليات رصد فى سامراء[١٠٧].

ولقد تمت بعض عمليات رصدهم فى منزلهم الذى يقع بجانب جســر نهر دجلة وقريباً من باب المدينة المسمى بـــ (باب الطاق) فى بغداد حيث تم هناك تحديد خط الطول[١٠٨].

مـــرصـد الدنيــــورى :

ومن الفلكيين السابقين على البتانى فى الرصد هو "أبو حنيفة أحمد بن داود بن ونند الدنيورى" (٨١٥م- ٨٩٥م) وكان طبيباً وفلكياً يعيش فى دنيور واصفهان وهو مؤلف كتاب الرصد الذى سجل فيه عمليات الرصد التى قـــام بها فى عام ٢٣٥هـــ (٨٤٩- ٨٥٠م) كما أنه وضع زيجاً٠

وكان الدنيورى يملك مرصداً خاصاً به فى مدينة دنيور وقام بعمليات رصد لا ترقى إلى مستوى الرصد أيام المأمون- قام بتأليف جـــداول فلكيـــة مبنية على رصده الخاص(١٠٩).

مـرصـد البتانـــــى :

أما البتانى (توفى ٨٥٨م- ٩٢٩م) فقد جاء بعد كل هؤلاء الفلكيـــن اللذين عملوا بالرصد فى عهد المأمون وبحوالى نصف قرن وأســس لنفســه مرصداً خاصاً كما كان لبنى موسى، والدنيورى٠

ويتفوق مرصد البتانى عن السابقين عليه، بأن نتائج رصده كانت فى قمة الدقة فى خلال أربعين عاماً أى من ٨٨٧م- ٩١٨م، ويذكــر البــيرونى عند حديثه عن عمليات رصد الشمس التى قام بها البتانى من أجل تحديد ميل فلك البروج وأن عمليات الرصد التى قام بها البتانى كانت فيما بيـــن ســـنتى (٢٦٨، ٢٧٠هـــ) (١١٠) كانت صحيحة بالمقارنة بينها وبيـــن رصـــد فلكـــى المأمون٠

وتشير المراجع إلى أن البتانى كان ينفق ببذخ على المرصد الخـاص به وقد أشار إلى ذلك • "الصفدى"، "وابن شاكر الكتبى"، و"وحاجى خليفـــة"، وقد أكد نصير الدين الطوسى على مرصد البتانى وأهميته فى الرصد[١١١].

ولكى يقوم عالم الفلك بالرصد لابد له من توافر آلات الرصد لذلـــك قبل عرض أهم أعمال البتانى فى الرصد نود أن نقدم نبذة صغيرة عـن آلات الرصد •

ومن المعروف أن البتانى تفوق فى صنع الآلات ووصفها ووضـــح ذلك فى كتابه الزيج الصابئ فقد خصص البابان الأخيران لهذا الموضـــوع• كما ركز على الأخطاء التى تنتج عن الآلات وكيفية علاجها •

ومن أجل ذلك سنبدأ بعرض الآلات التى كانت مستخدمة قبلـــه ثـــم نشير إلى آلات الرصد التى صنعها بنفسه ثم بعد ذلك نقدم نماذج من أعمالـــه الرصدية •

أولاً : آلات الرصد قبـــل البتانـــى :

تعتبر الآلات من أهم شروط أعداد المرصد الذى يستلزم ربوة وبنـاء وفضاء ثم بعد ذلك يأتى دور الآلات وكانت آلة الإسطرلاب[١١٢] هـــى أهـــم معدات الرصد واشتهر بصنعها "على بنى عيسى الاسطرلابى" مـــن فلكـــى المأمون، والأسطرلاب عبارة عن نصف قطره ذراع واحدة وذلك لكى تيسـو الدرجات المطلوبة، ولكى يتسير بها أجزاء استنباطات يعتـــد بـــها للدقـــائق والثوانى، والثوالث والروابع، ولما كان رفع الاسطرلاب ذات القوائم الثلاثـــة وتحريك عضادته بقدر ما يوافق الاحتياج•

وبناء على ذلك سوف يرصد كل كوكب بدقة من خلال ثقبــــى[١١٣]، العضادة عند بلوغه منتصف النهار، وسوف تتأكد بموجب ذلك مدة إتمامـــــه دورته.

الاسطــــرلاب المسطـــــح :

وسمى بهذا الاسم لأنه مستنبط من تسطيح الكرة السماوية مع حفــظ الخطوط والدوائر المرسومة عليه، واهتم العرب بعمله واستخدامه فى عــــهد الخليفة المنصور، وقيل أن أول مسلم عمل اسطرلاباً وألف فيه كتابــــاً هــو "محمد بن إبراهيم بن حبيب بن سليمان الفزارى"[١١٤] وله أيضاً رسالة مسماه كتاب العمل بالاسطرلاب وهو ذات الحلق[١١٥].

ثانياً : آلات الرصد عند البتانــــى :

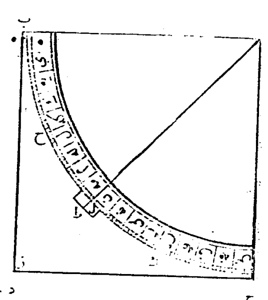
١-آلة الرخامــــــــة :

قدم البتانى شرحاً تفصيلاً واضحاً للآلات التى استخدمها ووصفــــها بالرسم لكل آلة وطريقة صنعها مثل الرخامة[١١٦] التى استخدمها فى معرفـــة ما يمضى من النهار من الساعات الزمانية من وقت طلـــوع الشـــمس إلـــى غروبها ويشرح البتانى طريق الاستعمال بكل تفصيل ودقة ويقدمه رســــمياً بيانياً يحدد فيه سمت مكة من خلال هذه الآلة[١١٧] وهو تحديد سمت القبلة فى هذه البلد.

ويذكر البتانى آلة البيضة واللبنة والعضادة وهو ينهى كتابه الزيــــج الصابئ بوصف هذه الآلات فيقول : "أما ما ذكرنا ورسمنا فى كتابنا من علل الأشياء ومخـــارج أصـــول الحســـاب الجـــارى علـــى طريـــق البرهـــان الهندسى"[١١٨].

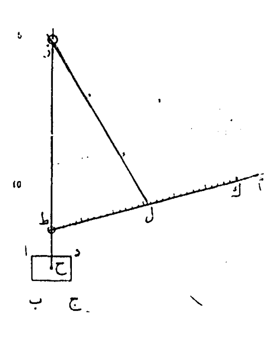
ويؤكد على أهمية البرهان الهندسى بأنه على حالة واحدة لا تتغير ولا يعترضها الشك بأى حال من الأحوال فى سائر الدهور، أما إذا كان الرصد قائم على القياس والأرصاد والافتراضات فإنه يمكن أن يتغير سواء بالزيادة أو النقصان ويحتمل أن يحدث خطأ سواء من الآلة نفسها أو من الشخص القائم بالرصد، وقد أشرنا إلى ذلك سابقاً.

٢- آلة اللبنة :



ويصف البتانى آلة اللبنة موضحاً بالرسم طريقة استخدامها[١١٩] وهو يرصد بها الظل فى أوقات انتصاف النهار ويحدد بها أيضاً موضع الشمس على نقطة الاعتدال الربيعى أو الخريفى وأصلح قيمة هذا الاعتدال وقيمة فلك البروج على فلك معدل النهار وحسب هذه القيمة فوجدها ٣٥ ٢٣° وهى صحيحة حتى العصر الحديث وخطأ بمقدار (٨ دقائق قوسية) ثم ينقل إلى وصف ورسم آلة العضادة الطويلة[١٢٠] مستعينا[١٢١] بالهندسة والأدوات الهندسية لقياس ارتفاع القمر وغيره من الكواكب.

٣- آلة العضادة الطويلة :



واستخدام البتانى العضادة الطويلة[١٢٢] وهى تعرف لدى الفلكيين بالمسطرة الخاصة باختلاف المنظر وتتميز الآلات البتانى بكبر حجمها وقد استخدم كل هذه الآلات فى الرصد الخاص بقياس ميل فلك البروج فيقول: "ورصدنا نحن فى عصرنا هذا مرارا

كثيرة بالعضادة الطويلة واللبنـــة٠٠٠ بعــد
تدقيق القسمة وأحكام نصب الآلة بغايـــة مـــا
تهيأ[١٢٣].

٤- الربعيــــــة الحائطيــــــة :

وكان يملك البتانى ربعية حائطية ويحدد نصف قطرها بألا يكون أقل من متراً واحد، ويضيف أن الدقة تصبح أكثر كلما كان الحجم أكبر[١٢٤].

ويؤكد كاراديفو أن القياسات التى أجراها البتانى بالمسطرة الخاصـــة باختلاف المنظر، ترمز إلى دائرة قطرها خمسة أمتار تقريباً[١٢٥].

ويقول : البيرونى : "أن البتـــانى كـــان أول مـــن زود الربعيـــة الحائطيـــة بعضادة"[١٢٦] لما كان البتانى دقيقاً فى الرصد لأنه كان يعتمد على آلات دقيقة مثل الساعة الشمسية وهى مقسمة إلى اثنى عشر قسماً، وإن كان تقبل القسمة على ما هو أصغــر[١٢٧]، توجــد لــدى البتـــانى ســـاعات شمســـية أفقيـــة وعمودية[١٢٨].

واستخدم البتانى آلة ذات الحلقات ولم يذكر حجمها[١٢٩]، واســــتخدم أيضاً مساطر خاصة باختلاف المنظر لم تعرف أحجامها على وجه الدقة[١٣٠] ولكنه يوصى باستخدام واحدة تعادل قدرة القياس فيها مساحة دائرة قطرهـــا خمسة أمتار تقريباً[١٣١].

وقد تحدث البتانى عن الأخطاء التى تقع بيـــن علمـــاء الفلـــك فـــى أرصادهم وقسمها إلى نوعين : شخصية- وآلية، وقال عن الخطأ الشـــخصى

ما يقع من العالم سواء دون قصد أو عن قلة دراية بينما الخطأ الآلى يرجــع إلى خلل فى آلة الرصد نفسها أو فى طريقة تقسيمات مقياسها٠

وقد وضع البتانى حلا لكل المشكلات التى تقابل علماء الفلــك فــى الرصد فإذا كان الخطأ من الآلات فيوصى بتطويرها وزيادة وقتــها وعــدم الركون إلى آلة واحدة فى جميع الأرصاد ويعبر عن ذلك قائلاً "وأما من وقع الخطأ فيه من قبل الآلة فى قسمتها ونصبها وتقويمها فإنه أن امتحــن بتلــك الآلة بعينها وهى على الحالة الأولى كان الخطأ واحداً فى الوقتين وإن كــان الخطأ من قبل القسمة فقد يمكن أن يصححها نصبها وتقويمها أن يغير وينفى الخطأ بحالة من قبل القسمة فإذا رصد بغيرها ظهر الاختلاف"[١٣٢]٠

كما قدم البتانى حلا لمشكلة الرصد إذا كان الخطأ متعلق بأشــخاص الفلكين أنفسهم فيرى أن لا يجب الاعتماد على نتائج عالم واحد، وإنما يعتمــد على رصدتى عالمين بينهما فترة من الزمن فيحسن أن تكون تلــك الفــترة أطول ما يمكن حتى إذا ما أخطأ أحدهما كانت قسمة الخطأ على عدد الســنين أقل ما يمكن، وعبر البتانى عن ذلك بقوله : "أمامــا كــان الوقــوف عليــه بالقياسات والأرصاد والمحن والاعتبارات فقد يمكن أن يستدرك فيه الزيــادة والنقصان، فما كان منه من قبل الوقوف على حقيقة الشىء بعينها والتقصــير عن ذلك فإنه إذا قسم على الزمان الطويل قل ذلك الذى يعرضه فيه وإن كان محسوساً، وما قسم على زمان قصير كثر وأن كان قليلاً[١٣٣]٠

ويوضح لنا البتانى فى النص السابق بضرورة توافر أكثر من عــالم للرصد ولا يجب الاعتماد على نتائج عالم واحد فإذا ما كان المطلوب يعتمــد على رصدتى عالمين بينهما فترة من الزمن فيحسن أن تكون تلــك الفــترة

أطول ما يمكن حتى إذا ما أخطأ أحدهما كانت قسمة الخطأ على عدد السنين أقل ما يمكن(١٣٤)٠

وبعد أن قدمنا عرضاً عن المرصد ومواصفات بناءه وشروطه وعناصره ثم أوضحنا المراصد التى تم بناءها فى عهد المأمون ثم المراصد الخاصة ببعض أشخاص علماء الفلك السابقين على البتانى وتحدثنا عن مرصد البتانى ثم عن الآلات التى كانت موجودة قبله والآلات التى استخدمها والتى استحدثها وكيف كانت هذه الآلات لها نتائج أقرب إلى الصحة والدقة وهذا ما أوضحه البيرونى وبمقارنة النتائج التى حصل عليها البتانى بالنتائج التى حصل عليها الفلكيون السابقون٠ وجد أن أرصاد البتانى كانت فى غاية الدقة٠

وننتقل إلى بيان أعمال البتانى الفلكية وهى كثيرة لذلك سنركز على أبرزها فقط والتى تتميز عن أعمال الفلكين السابقين عليه مع التركيز على المصادر التى تأثر بها٠

مصادر البتانى فى معارفى الفلكية :

فمن المعروف أن المصادر الفلكية التى تأثر بها العرب هى الكتب الهندية المتمثلة فى كتاب "السند هند" ثم المصادر الفارسية المتمثلة فى الزيج الشاه٠ ثم المصدر الذى طغى على كل المصادر السابقة وكان له تأثيراً كبيراً على نمو المعرفة الفلكية عند العرب وهو بطليموس٠

ولقد استفاد البتانى من بطليموس فى كتابه المجسطى (وقد أشرت إلى ذلك من قبل) وكما أنه استفاد أيضاً من المصدر الهندى وطرق الهند فى منازل القمر وهذا ما نركز عليه عند عرض أعماله الفكلية٠

ونشير إلى علماء الفلك السابقين على البتانى والذين تأثروا بالمصدر الهندى وهم محمد بن إبراهيم الفزارى[١٣٥] وله مؤلفات قيمـــة فـــى الفلـــك أبرزها كتاب الزيج على سنى العرب (على مذهب السند هند) وأيضاً يعقوب بن طارق ومن أهم مؤلفاته كتابه فى تركيـــب الأفـــلاك الـــذى ألفـــه عـــام ١٦١هـــ[١٣٦].

ومن الكتب الهندية التى تأثر بـــها علمـــاء الفلـــك العـــرب كتـــاب الأركند[١٣٧] وكتاب الأرجبهر، وقد تأثر أبـــو اســـحاق إبراهيـــم الزرقـــالى الأندلسى فى القرن الخامس الهجرى وأيضاً محمد بن موســـى الخوارزمـــى الذى ألف زيج "السند هند" عام (١٩٨هـــ ٨١٣م)٠

أولاً : أثر المصدر الهندى على البتانى :

معظم الفلكيين السابقين على البتانى تأثروا بالمصدر الهندى ثم جـــاء بعدهم البتانى وتأثر مثلهم بالمصدر الهندى ويتضح هذا الأثر مـــن خلالـــه أقواله الفلكية تذكر على سبيل المثال :

منـــــازل القمـــــــر :

ونوضح شكل القمر من خلال وصف علماء الفلك المحدثين الذيـــن وصفوه بأنه جسم مظلم غير منير لذاته كما أنه تابع للأرض يدور حولها فى مدار بيضاوى الشكل والأرض فى إحدى بؤرتى هذا المدار تارة يقترب منـــه حتى يصير على بعد ٣٥٦٦٠٨ كيلو متراً ثم يبتعد عنها حتى يصير علـــى بعد ٤٠٧٠٦٨ كيلو متراً فإذا كان أبعد بعده من الأرض قيل أنه فـــى الأوج Apogee[١٣٨]، وهذا من حيث شكل القمر، أما مدار القمر اليومى فهو مـدار ليس ثابتاً فى موضع واحد بل يتغير من يوم إلى آخر[١٣٩].

دورة القـمـــــر :

أما عن دورة القمر فإنه يدور حول الأرض وأن فلكه يميل عن فلـك البروج إلى جهة الشمال والجنوب بقدر يسير مختلف من صفر وبين خمـــس (٥) درجات و١٧ دقيقة. والقمر يقطع فلكه كله فى ٢٧ يومـــاً و٧ ســاعات و٤٣ دقيقة وتسمى هذه الدورة دورة القمر النجمية أو الشهر النجمى الدورى لرجوع القمر عند تمامها إلى نفس النجم التى قد اتخذناها أصل الحركة[١٤٠].

وتتحرك الشمس حركتها الظاهرية السنوية حول الأرض تنتقل إلـــى جهة حركة القمر مدة يتم فيها القمر دورته تلك فلا يعود القمـــر إلـــى إدراك خط طول الشمس أى الذى يطلق عليه الاجتماع أو الاقتران بها إلا بعد مـــدة أطول من مدة الدورة النجمية أى بعد ٢٩ يومـــاً و١٢ ســاعة و٤٤ دقيقـــة، وتسمى هذه المدة الدورة الاقترانية أو الشهر القمرى الاقترانى، والقمر يقطع كل يوم بليلته نحو ١٣ درجة من فلكه[١٤١].

وقد اختار العرب أيام الجاهلية ثمانى وعشرين مجموعة من النجـــوم قريبة من مسار القمر لتكون لهم دليلاً على موضعه خلال دورته وأطلقـــوا عليها اسم منازل[١٣٦] بمعنى أن القمر ينزل فى كل منها يوما بليلة تقريباً[١٤٣] وقد ذكر القرآن الكريم اسم المنازل فى قوله تعالى : ﴿**هو الـــذى جعـل الشمس ضياء والقمر نوراً وقدره منازل لتعلمـــوا عــدد الســـنين والحساب**﴾ (سورة يونس آية ٥).

وقسم العرب منازل القمر اعتماداً على مشاهدتهم للقمر ليلـــة بعــد أخرى وكانت هذه المنازل غير متساوية لأنها لا تعتمد على العلوم الهندسية.

ويتضح الأثر الهندى عند العرب وكذلك البتانى فى أنـــهم اعتـــبروا منازل القمر سبعة وعشرون فقط وليست ثمانية وعشرون كما ذكروها مـــع احتفاظهم بالأسماء العربية وألفوا منزلة الزبانى وإدماج نجومها فى منزلـــة الأكليل(١٤٤).

وبالمقارنة بين تقسيم العرب لمنازل القمر ٢٨ منزلـــة والـــهند ٢٧ منزلة. فهذا يرجع إلى اعتماد العرب على الرؤيـــة المباشـــرة والوصـــف الظاهرى دون الاعتماد على الرياضيات والهندسة أما الهند فكانوا متطوريـن فى هذا المجال واستعانوا بالهندسة والحساب الدقيق. فكانت عدد المنازل ٢٧ منزلة فقط وهذا يبين أهمية الرياضيات فى تقدم علم الفلك.

أما البتانى فإنه يختلف عن السابقين عليه فى منـــازل القمـــر وهـــذا الاختلاف يرجع إلى أن مسار القمر يميل بمقدار خمس درجات تقريباً علـــى مسار الأرض حول الشمس وهو يقطع هذا المدار فى حوالى $\frac{١}{٣}$٢٧ يومـــاً تقريباً ومعنى ذلك أنه يقطع كل يوم حوالى ١٣ درجة وهذا يـــدل علـــى أن البتانى قسم مسار القمر الشهرى إلى ثمانية وعشرين منزلة متســـاوية علـــى مذهب الهند وليس على مذهب العرب وقد ذكر ذلك فى الزيج فـــى (البـــاب الحادى والخمسون) فالبتانى قسم منازل القمر إلى ٢٨ منزلة مثـــل عـــرب الجاهلية ولكنه اختلف عنهم بأنه استعان بالهندسة والحساب والرياضيات كما فعل أهل الهند.

ولقد اختلف علماء الفلك العرب فى نقدهم للبتانى لتقســـيمه منـــازل القمر إلى ثمانية وعشرين منزلة بين معارض ومؤيد .

فمن المعارضين له أبو الحسن عبـد الرحمـن الصوفـى المتوفـى (١٧٦هـ- ٩٨٦م) الذى نقده نقداً عنيفاً فقال : "وكذلك البتانى لما أحـب أن يظهر من نفسه معرفة منازل القمر والكواكب على مذهب العرب وأخذ فيما لم يكن من شأنه ظهر نقصه"(١٤٥).

ونلمح من هذا النص للصوفى لهجة السخرية وإنقـاص مـن قيمـة البتانى العلمية ويعترض "كرلو" على "الصوفى" ويرى أن رأيه فى البتـانى غير صائب قائلاً" إنما أصاب (الصوفى) لو كان البتانى أراد وصف المنازل على مذهب العرب ولكن تبين مما سبق، من الحساب أن توزيعـه المنـازل على صورة البروج الطبيعية يطابق ما يحصل من استعمال طريقـة الـهند تطابقاً كاملاً(١٤٦) ويؤيد هذا الرأى دكتور "كرفيتى"(١٤٧) فى ملاحظاته علـى منازل القمر عند البتانى.

أما البيرونى فقد أيد رأى البتانى فى تقسيمه لمنازل القمر وأكد ذلـك فى كتابه "القانون المسعودى" فى المقالة الثامنة(١٤٨)" على أن البتـانى كـان دقيقاً ومنظماً فى بحثه إمكان رؤية الهلال فأخذ فى الاعتبار المسـافة بيـن القمر والشمس لأن رؤية الهلال يتناقص بزيادة هذه المسافة وعلى مقدار نور الهلال تتوقف ظروف الرؤية(١٤٩).

خسـوف القمـر :

المفهوم الحديث لخسوف القمر يحدث عند وجوده فى منطقـة ظـل الأرض لأن نوره يستمد من الشمس فإذا حجبت عنه أظلم وظـل الأرض لا يمتد وراءها إلا نحو مليون ونصف كيلو متراً تقريباً ولا يوجد على هذا البعد

القليل أى جسم سماوى آخر ليخسف به غير القمر، فإذا وقع هذا الظل علــى القمر بما فيه من جزيئات ترابية صغيرة عالقة به وبخار ماء والملوثات.

فيستنير به وجه القمر بعض الشئ ولكن إذا كان جو الأرض مغطــى بالغيوم حجبت القمر تماماً ولو كان مدار القمر موازياً لمدار الأرض أى لــو كانت الدائرة التى يدور فيها القمر حول الأرض وموزاية للدائرة التى تــدور فيها الأرض حول الشمس لوقع ظل الأرض على القمر وخسفه فى منتصــف كل شهر قمرى ولكن مدار القمر حول الأرض يميل على مدار الأرض حول الشمس بمقدار خمسة درجات تقريباً ولهذا لا يحدث أثنى عشر خسوفاً كـــل عام قمرى، وإذا وقع ظل الأرض على القمر شمله كله كان هذا الخســـوف خسوفاً كلياً وإذا شمل بعضه كان خسوفاً جزئياً[١٥٠].

هذا هو التعبير العلمى الحديث عن خسوف القمر إما البتانى فنجـــده يستخدم كلمة الكسوف بدلاً من الخسوف والإثنان بمعنى واحد ولكـــن تقـــال كلمة كسوف للمؤنث وخسوف للمذكر[١٥١] ويشرح البتـــانى طريقـــة تحديـــد كسوف القمر من خلال تتبع وملاحظـــة حركـــة العـــرض الوســـطى فـــى الاستقبالات فإذا كانت الحدود الكسوفية المرسومة فى أول شهور الاجتماعات والمقابلات فإنه من الممكن أن ينكسف القمر وأن زاد على تلك الأقـــدار أو نقص منها فإنه من الصعب أن ينكسف إذا كان من الممكن أن ينكسف القمــو فانظر إلى حركة الأرض المعدلة لوقف الاستقبال فإن كـــانت ٣٦٠° ســـواء فالقمر فى نفس عقدة الرأس إن كانت ١٨٠° .

ويستطرد البتانى فى شرح حالات كسوف القمـــر والحـــالات التـــى يستحيل فيها الكسوف معبراً عن ذلك بالرسم التوضيحى فضلاً عن استخدامه

للمعادلات الجبرية ويحدد مقدار قطر القمر المعدل ويحـــدد البتـــانى مربـــع عرض القمر[١٥٢] ويقدم طريقة حسابه وهى مربع عرض القمر-م٢ والنتيجة التى يحصل عليها هى الساعات التى مكث فيها القمر٠

ثانياً : أثر المصدر اليونانى على البتانـــى :

عرضنا فيما سبق المصدر الهندى وتأثيره علـــــى علمـــاء العـــرب السابقين على البتانى ونتناول المصدر اليونانى وأثره على العـــرب وعلـــى البتانى ونشير إلى أن المصدر اليونانى كان أقوى تأثيراً من المصدر الـــهندى الذى كانت كتبه وكذلك كتب الفرس قاصرة عن مقتضيات العلم السامى سواء من حيث النظريات أو الأرصاد[١٥٣]٠

أما المصدر اليونانى فقوة تأثيره على العرب تتمثل فى أنه يشـــــتمل على طرق البحث الدقيق فى المسائل الفلكيـــة المدعمـــة بـــأصول القيـــاس والبرهان والفكر القائم على الحس والعقل أى الاستقراء والاستنباط والاهتمام بعلم الفلك كعلم رياضى استقرائى بعيداً عن الخلـــط بينـــه وبيـــن التنجيـــم والسحر٠

وقد تعانق الفكر الرياضى والهندسى المتمثل فى كتاب أصول أقليدس مع الفكر الفلكى والجغرافى المتمثل فى كتاب "المجسطى" لبطليموس فطبـــق البراهين الهندسية على بيان الحركات السماوية ووضح كيف يمكن الرصـــد والمداومة عليه٠

وقد تأثر البتانى كغيره من علماء العرب ببطليموس وقال أنـــه قـــد أمحى الشك عن علم الفلك باعتماده على البرهان الهندسى والعددى٠ لذلـــك

سنركز على أعمال البتانى الفلكية التى لها تأثيراً مباشراً ببطليموس ســـواء بالاتفاق معه أو بنقده واختلافه معه فى بعض الأمور الفلكية.

أ - أوجه الاتفاق بين البتانى وبطليمــوس :

يقوم الفلك البطليموسى على أصلين وهما :

مــبدأ الفلك الخارج المركـــز :

وهو ما يسميه بطليموس الفلك المعدل المسير فبطليموس يسلم بمبـدأ الحركة الدائرية المنتظمة الذى سلم بها السابقون عليه منذ أفلاطون وتطبيقـاً لهذا المبدأ اعتمد الفلكيون اللاحقون على أرسطو فـى تفسـيرهم للحركـات السماوية غير المنتظمة فى ظاهرها حالة الأفلاك الخارجة المراكز ويقصـد بالفلك الخارج لمركز دائرة مركزها خارج عن مراكـز العـالم أى مركـز الأرض ومعنى ذلك أن الكوكب يتحرك حركة منتظمة علـى فلـك خـارج المركز كما هو الحال فى الشمس(١٥٤).

ووافق البتانى بطليموس فى مبدأ الفلك خارج المركز وذكـر هـذا المبدأ فى أكثر أعماله الفلكية وخاصة فى الباب الثلاثين حيث يجمع نظريـة الفلك الخارج المركز ونظرية فلك التدوير فيقول على سبيل المثال : إذا خـط م ك نصف قطر فلك التدوير وخط ز م نصف قطر الفلك الخارج وبه علمت هذه الأقدار(١٥٥).

٢- فلك التدوير عند بطليموس وأثره على البتانى :

افترض بطليموس أن لكل كوكب مداراً دائرياً يقال له "فلك الكوكـب الدائرة ولم يكن الكوكب يتحرك فى هذا الفلك بل على محيط دائرة أصغـر يقال لها فلك التدوير، مركزها يتحرك الدائر، وبذلك تتركب حركة الكوكـب

الفعلية من حركتين دائرتين منتظمتين، حركة الفلك الدائر، وحركة الكوكب، فكوكب المريخ مثلاً يدور فى محيط دائرة مركزها (أ) وهذه النقطة تدور على محيط دائرها بعيد عن الأرض ومدة الدورة فى كل الدائرتين مختلفة بالنسبة لكل من الكواكب المتحيرة فعطارد والزهرة مدة الدورة للنقطة المركزية أ حول الأرض وهى سنة، أما بالنسبة للمريخ فمقدارها ٦٨٧ يوماً وللمشترى ١٢ سنة.

وتصور بطليموس كل فلك دائر محمولاً على سطح كرة بلورية تامة الشفافية، وإن كل هذه الكرات تدور مرة فى اليوم، حول محورها مار بقطبى السماء، وأما النجوم الثوابت فكانت معلقة فى كرة بلورية خارجية تدور مثل الكرات الأخرى[١٥٦].

وتابع البتانى بطليموس فى فلك التدوير واستخدم هذه النظرية فى دراسته عن صفة أفلاك القمر واختلاف حركاته وزيادة ضوئه ونقصانه وعلل الكسوفين وأبعاد النيرين عن مركز الأرض وأقطارهما وعظم أجرامها وإذا قيساً إلى الأرض[١٥٧].

إذا كان البتانى قد تابع بطليموس فى مبدأ الفلك الخارج المركز. وفلك التدوير[١٥٨] واستطاع أن ينظم قوانين صحيحة ودقيقة ومواكبة للقوانين الحديثة فإن ابن رشد الذى جاء بعده (٥٢٠هـ- ٥٩٠هـ) قد اعترض على هذين الأصليين من الفلك البطليموسى وقال أن فلك التدوير غير ممكن أصلا وذلك أن الجسم الذى يتحرك على الاستدارة وإنما يتحرك حول مركز الكل لا خارجاً عنه إذا كان المتحرك دوراً هو الذى يفعل المركز فلو كان هاهنا حركة دواراً خارجة عن هذا المركز لكان هاهنا مركز أم خارج عن هذا

المركز فيكون هناك أرض أخرى خارجة عن هذه الأرض[١٥٩] وهذا كله قد تبين فى العالم الطبيعى[١٦٠].

ويقول ابن رشد : "وكذلك يشبه أن يكون الأمر فى الفلك الخارج المركز الذى يضعه بطليموس وذلك أنه لو كانت هاهنا مراكز كثيرة لكان هاهنا أجسام ثقيلة خارجة عن موضع الأرض، ولكن الوسط ليس بواحد ولكان له عرض وكأن يكون متقسماً وهذا كله لا يصلح... وأيضاً لو كانت هنالك أفلاك خارج المركز لكان يوجد فى الأجسام السماوية أجسام هى فضل ولم يكن هناك منفعة ألا تكون حشو على ما يظن أنه قد يوجد فى أجسام الحيوان"[١٦١].

ومن خلال أقوال ابن رشد نستنتج أنه يختلف مع بطليموس فى هذين الأصلين ومع ذلك لم يصل إلى المرتبة الرفيعة التى وصل إليها البتانى فى حدود علم الفلك بالرغم من متابعته لبطليموس فى هذين المبدئين.

أما "كوبرنيق" (١٤٧٣م- ١٥٤٣م) فهو يرى أن فلك الخارج المركز وفلك التدوير عند بطليموس فهو تناقض لا يقبله المنطق والعقل، فاضطرا إلى اللجوء إلى توزيع هندسى آخر بحيث تتحرك فيه كل العناصر بسوعات منتظمة حول مركزها، كما تقتضى قاعدة الحركات المطلقة، فالشمس والقمر والكواكب تشكل نظاماً متكاملاً، تتحرك كل واحدة منها بحركات دائرة منتظمة[١٦٢].

ويوضح البتانى النتائج التى وصل إليها من خلال الجداول والرسوم الهندسية التى قام بها ويشير إلى النتائج التى وصل إليها من خلال الرصد

وتتفق مع بطليموس وعبر عن ذلك قائلا : "وهو الذى ذكره بطليموس وبينــه بالكسوفات القمرية"[١٦٣].

٣- بعــد القمر عن الشمس :

وأيضاً عند حديثه عن افتراض بعد القمر عــن الشــمس بمســيرها الأوسط المضعف، اتفق مع بطليموس فى قوله "كما جعله بطليمــوس فــى الشكل الذى انتهت إليه دلالته على ما ذكرنا لتكون حركة القمــر فــى فلــك تدويره ٠٠٠"[١٦٤].

٤- حركـــة القمـــر :

وعندما بحث حركة القمر فى الطول فيرى أنه توافق مع بطليمــوس فقال : "فأما حركة القمر فى الطول فإنا نجدها على مــا بقــى فــى كتــاب بطليموس بعد أن نزيد عليها ما كنا استدركنا فى حركـــة الشــمس وكذلــك اثبتناها فى الجداول وكذلك حركته فى الاختلاف هى الحركة الموضوعة فــى كتاب بطليموس لخاصة القمر لا زيادة عليها ولا نقصان منها"[١٦٥].

ويتضح من هذا النص للبتانى أنه لا يتابع بطليموس قلباً وقالباً بل أنه يضيف عليه من خلال الزيادة التى أضافها بعد بحث واستدراك فى حركـــة الشمس، وكان البتانى دقيقاً فى حساباته فاثبت أن حركة القمر فى العـــرض "تزيد فى كتاب بطليموس مقدار كذا دقيقة" ثم يشير إلى إضافاته ومجـــهوده فيقول "فجزأنا هذه الدقائق على ما وقع بيننا وبينه مـــن الزمـــان"[١٦٦] فـــهو يوضح فى هذا النص الفرق الزمنى بينه وبين بطليموس (بطليمـــوس ٩٠- ١٦٧م أو ١٤٠ - ١٦٠م) البتانى (وفاته ٩٢٩م)٠

٥- الأرض عند بطليمـــــــوس :

افترض بطليموس أن السماء كرة عظيمة ركزت فى بسيطها النجـوم وأنها تدور بجميع ما فيها من النجوم على قطبين ثـــابتين غـــير متحركيـــن أحدهما فى ناحية الشمال والآخر فى ناحية الجنوب فتكون جهة ذلك الدوران من المشرق إلى المغرب على الجنوب وذلك بفـــرض الأرض ثابتـــة فـــى المحور تدور عليه الكرة السماوية[١٦٧].

فبذلك جعل بطليموس الأرض مركزاً للكون ثم يليـــها فلـــك القمـــر فعطارد فالزهرة فالشمس فالمريخ فالمشترى فزحل ثم كرة النجوم والثوابـــت كل هذه الأفلاك تدور حول الأرض دوراناً منتظمـــاً جعـــل الأرض ســـاكنة ثابتة[١٦٨].

وحدد بطليموس شكل الأرض بأنها ذات شكل شبيه بـــالكرى لأنـــها صحيحة التكوير[١٦٩].

٦- الأرض عند البتانـــــى :

تابع البتانى بطليموس كغيره من علماء الفلك العرب فى قوله "بـــأن الأرض مستديرة وأن مركزها فى وسط الهواء محيط بها من كـــل الجـــهات وأنها عند فلك البروج مثل منزلة النقطة قلة"[١٧٠].

ويحدد البتانى موقع الأرض وموضعها والجـــزء المعمـــور منـــها ويقسمها إلى ثلاث أقسام. القسم الأول : ويشمل البحر الأخضر ناحية الشمال والخليج وأطلق على هذا القسم شبه الجزيرة والقسم الثانى من ناحية الجنـوب من بحر مصر إلى بحر الحبش وحدود هذه الناحية مـــن المغـــرب البحـــر الأخضر ومن الشمال بحر مصر والروم ومن المشرق العريش ومن الجنوب

بحر الحبش والقسم الثالث يشمل جميع ما بقى من عمران الأرض إلى أقصى ذلك وحدوده من المغرب والنهر والخليج والعريش وأبله ومن الجنوب بحر اليمن والهند ومن المشرق أقصى عمران الصين من ناحية المشرق والصين نفسها ويسمى أسيا الكبرى[١٧١].

ولقد أطلع البتانى على كتاب صورة الأرض لبطليموس ويتابعه فى الرأى فى موقع الأرض وشكلها وقسمتها ومن خلال كتاب بطليموس يشرح الجزء المعمور من الأرض ومعرفة الجزء غير المعمور كما يحدد عروض البلدان من خلال كتاب صورة الأرض ويذكر بعد كل بلد عن خط الاستواء وهو مساحة ما بين الجنوب والشمال ويقول : "وقد أثبتنا ذلك على الرسم الذى وجدناه فى كتاب صورة الأرض المعروف وذكر أوساط البلدان والجزر المعلومة أيضاً ذكراً مفرداً كما فعل بطليموس وهى أربعة وتسعون بلدا"[١٧٢].

وكنا نتوقع من البتانى أنه يختلف مع بطليموس فى ثبات الأرض وموقعها فى مركز العالم كما فعل البيرونى بعده فقد رفض مبدأ ثبات الأرض وذكر فى كتابه القانون المسعودى (بين ٤٢٢هـ و ٤٢٧م-١٠٣٠م- ١٠٣٦) (أى قبل جاليلو بستة قرون) أنه ليس من الحتمى أن تكون الأرض هى مركز العالم كما اعتبرها بطليموس[١٧٣].

وقد دعم البيرونى رأيه فى حركة الأرض بالبراهين والتجارب فهو يقدم تجربة بأن لو كانت الأرض ساكنة وسقط حجر من علو شاهق لا تخذ مساراً رأسياً يمتد إلى مركز الأرض ولكن إذا كانت الأرض متحركة أصبح للحجر سرعتان أحدهما سرعة الهبوط رأسياً نحو المركز والأخرى سرعة

أفقية مكتسبة من حركة دوران الأرض وتكون النتيجـــة" وصـــول الحجـــر منحرفاً نحو المشرق[١٧٤]٠

كذلك جاء كوبوينق (١٤٧٣م – ١٥٤٣م) بعد البيرونى ورفض مبـدأ ثبات الأرض ووقوعها فى مركز العالم واعتبر مركز الأرض ليس مركـــز الكون بل هو مركز الثقل لها فقط وجميع الكـــرات تـدور حـــول الشـمس باعتبارها النقطة المتوسطة وهى على ذلك فهى مركز الكون، واعتبر بعـــد الأرض عن الشمس ضئيلاً بالنسبة لارتفاع كرة النجوم الثوابت وكل حركـــة ظاهرة للنجوم هى نتيجة لحركة دوران الأرض وليست هناك حركة لكـــرة النجوم الثوابت والأرض وما عليها لها حركة دورانية حول محورها كل يوم بينما تظل النجوم ثابتة[١٧٥].

٧- حركات الفلك عند بطليمـــوس :

يعرض البتانى رأى بطليموس فى الحركات المختلفـــة مفترضـــا أن للكواكب فلكاً مركزه مركز فلك البروج وعلى هذا الفلك أخر معلـــق عليـــه يجرى مركزه على دائرة هذا الفلك ويدور عليه ويكون هذا الفلك الثانى فلكـاً صغير غير محيط بالأرض ويكون الفلك الكبير هو الذى يدير مركـــز هـــذا الفلك الصغير إلى توالى البروج٠٠٠"[١٧٦]٠

٨- الشمس عند بطليمـــــوس :

ذهب بطليموس أن الشمس تدور حول الأرض وأن الشمس والقمـــر ليس[١٧٧] ثابتين فى موقع محدد بين النجوم وإنما يتحركـــان فـــى مســـارات دائرية خاصة بهما وكان بطليموس يعتقد أن أوج الشمس ثابت٠

ويتابع البتانى رأى بطليموس ويوافقه فقال : "فى مسير الشمس مـــن الاختلاف ونهايته وما يظهر مع ذلك من موضع نقطة بعدهـــا الأبعـــد عـــن مركز الأرض فى فلك البروج ونتبع فى ذلك مذهب بطليموس الـــذى عمـــل عليه فى كتابه من قبل قطع الشمس أرباع بقياسات وقفت لنـــــا فـــى ســـنين متوالية ...."(١٧٨).

ونستنتج من النصوص السابقة أن البتانى كـــان يوافـــق بطليمـــوس ويتابعه فى الرأى بعد أن يكون قد قام بالرصد والحساب والقياس والبرهـــان إلى أن يصل للرأى الموافق لرأى بطليموس بعد واختباره بدقة.

ب- أوجه الاختلاف بين البتانى وبطليمـــوس :

إذا كان البتانى قد اتفق وألتقى مع الفلك البطليموسى وتوافق معه فى بعض الآراء فهذا لا يعنى المتابعة والتقليد والانسياق وراء فكر بطليمـــــوس الفلكى إنما يدل على أن البتانى كان ملتزماً بالمنهج البطليموس المتمثل فـــى البرهان الهندسى والعددى مما أدى إلى وصوله إلى نفس نتائج بطليمـــوس- وقد توجد مسائل فلكية تفوق فيها البتانى على بطليموس سنركز عليها ونذكر منها بعض النماذج التى تدل على استقلاله عقلية البتانى عن المتابعة والتقليـد وإنما هو قدم الجديد من الآراء المبتكرة من عقليته الخلاقة المبدعة.

وقد نبه البتانى على الأخطاء التى وقع فيها بطليموس واختلف معـــه فيها ونذكر عدة نماذج وأمثلة على ذلك منها.

١- طول السنة الشمسية :

فهو عند معرفة مقدار طول أزمان السنة ومسير الشمس قد نقـد رأى بطليموس ووصف رأيه بالفساد فعبر عن ذلك قائلاً : "... وذكر بطليموس

أنهم عملوا على أن ذلك من مفارقة الشمس بعض الكواكب الثابتـــة إلـــى أن تعود ونقد بطليموس هذا الرأى وعبر عن رأيه هو بأن زمان السنة هو مـــن مفارقة الشمس كوكب زحل أو غيره من الكواكب المتحـــيرة"[١٧٩] ويصـــف البتانى هذا الرأى بأنه رأى فاسد.

وفى حساب البتانى لطول السنة فإنه فقد فاق بطليموس وبحث فـــى حساب أهليجية فلك الشمس وقال "أن بعد الشمس عـــن مركـــز الأرض إذا كانت فى بعدها الأبعد يساوى ١١٤٦ مرة مثل نصـــف قطـــر الأرض وإذا كانت فى بعدها الأقرب يساوى ١٠٧٠ مرة مثل نصف قطـــر الأرض وإذا كانت فى متوسط بعدها يساوى ١١٠٨ مـــن مـــرات مثـــل نصـــف قطـــر الأرض[١٨٠].

٢- حركة الشمس الظاهرية :

كشف البتانى عن الخطأ الذى وقع فيه بطليموس عند حديثـــه عـــن حركة الشمس الظاهرية وأنه قد أخطأ بمقدار ١٧ درجة وبحســـاب البتـــانى لطول السنة على أنه ٣٦٥ يوماً و٥ ساعات و٤٦ دقيقة و٢٤ ثانية يكون قـــد أصاب فى حدود دقيقتين من الطول الزمنى الصحيح للسنة[١٨١].

وحسب البتانى حركة الشمس الواسطى وذلك بقسمة ٣٦٠ على طول السنة الذى حصل عليه وقد سجل البتانى هذه النتائج فى جدول وكانت نتائجه توافق إلى حد كبير النتائج الحديثة[١٨٢].

جدول حركة الشمس عند البتانى مع مقارنته بالحسابات الحديثة

مركز الشمس	حسابات البتانى	الحسابات الحديثة
فى اليوم الواحد	٠,٩٨٦٥٢٥	٠,٩٨٥٦٤٧٣
فى ٣٠ يوم هى مقدار الشهر المصرى	٢٩,٥٦٩٥٧٦	٢٩,٥٦٩٤٢٠٠
وفى ٣٦٥ يوماً مقدار السنة المصرية	٣٥٤,٨٣٤٩١	٣٥٤,٨٣٣٠٤

٣- أوج الشمـــــــس(١٨٣) :

كان بطليموس يعتقد أن أوج الشمس ثابتاً إنما البتانى أختلف معه فى ذلك وقال أنه متحرك وكذلك بين أن بطليموس أخطأ فى حصة الدرجة وهــى قريبة من ستة وأربعين سنة ووجد البتانى أن بعد الشمس عن الأرض غـــير ثابت تكون ١٠٧٠ من المرات مثل نصف قطر الأرض وتشير هذه النتـــائج التى تواصل إليها البتانى أن مدار الشمس والأرض ليـــس دائـــرى ولكنـــه بيضاوى وقد أوحت هذه النتائج إلى كبلر (١٥٧١م) فى اكتشاف أهليبجية فلك الكواكب السيارة٠

واكتشف البتانى عند قياسه موضع أوج الشمس فى مسارها الظاهرى أنه تغير عما كانت عليه أيام بطليموس بمقدار ٤٧ ١٦ فـــى حيــن كـــانت قياسات بعض المعاصرين له مطابقة كما وجده بطليموس٠

واعتمد البيرونى على البتانى وقارن بين رصده لحركة أوج الشــمس ورصد بطليموس وإيرخس وتوصل البـــيرونى إلـــى أن نقطـــة الأوج الآن تتحرك ١١,٨ سنة أى درجة واحدة كل ٣٠٥ سنة(١٨٤) وذلك باستخدام حساب التفاضل٠

والحساب الأخير عند علماء الفلك العرب لهذه الحركة هو (١٢,٠٩) ثانية فى السنة أما المقدار النهائى الحديث لحركة أوج الشمس فهى (١١,٤٦) ثانية فى السنة تقريباً (١٥٨) ومعنى ذلك أن أوج الشمس يتحـــرك بمقــدار درجة واحدة كل ثلاثمائة عام تقريباً[١٨٦] وهذا ما أقره العلم الحديث مع وجود بعض الاختلاف فى الأراء[١٨٧].

٤- كــسوف الشمــــــس :

المقصود بكسوف الشمس هو توسط القمر بيـــن الشـمس والأرض وبين البصر ويكون الجانب الذى يلى الشمس منه مضيئاً والـــذى يواجــهنا مظلماً[١٨٨].

ويختلف البتانى مع بطليموس فى كسوف الشمس وينقـــده بقولـــه : "... وكان يجب على حساب بطليموس وعلى تلك النسب أن تكون الشـمس قد انكسفت كلها وأن يكون وسط الكسوف متأخراً عن الوقت الموجود بقريب من ساعتين وهذا خلل لا يجوز التساهل بمثله فى الحساب بته"[١٨٩].

وهذا النص يؤكد على موضوعية البتانى وحياده التام فى نقده العنيف لبطليموس وتحديد موضع خطأه فى الحســاب، أى أنـــه يرفـض حســاب بطليموس لأنه لا يحدد كسوف الشمس بدقة من خلال المتابعة الجيدة لتفقـــد اجتماعات الشمس والقمر فإذا وقعت حركة العرض الوسطى فيها فيما بيـــن الحدود الكسوفية المرسومة للشمس فى أعلى صفح شهور الاجتماع والامتلاء فإنه يمكن أن تنكشف الشمس وأن زادت على ذلك أو نقصـــت لا يمكـــن أن تنكسف فى إحدى الأقاليم[١٩٠].

ويذكر البتانى حالات كسوف الشمس من حيث أقدار الكسوف، وأوقاته هل هى فى ساعة طلوع الشمس أو فى غروبها كما يحدد المكان الخاص بكل بلد من البلدان وجهات الظلام وجهات الضوء وانجلائه كل ذلك مثبتاً بالجدول والحساب[١٩١].

ونقد البتانى بطليموس فى مواقع النجوم ووجد أن مواقع بعضها تتغير عما كانت عليه فى زمن بطليموس كذلك اختلف مع بطليموس ونقده فى كتابه صورة الأرض ووصف هذا الكتاب بقوله : "وقد يوجد فى هذا الكتاب خلل فى الأطوال والعروض"٠

٥- اختلاف الأيام والليالى :

أن نقد البتانى لا يتوقف على بطليموس فحسب بل نقد علماء الفلك العرب السابقين وصنف الآراء الفلكية إلى نوعين وهما :

النوع الأول : ظن بعض من أعوام الناس أن الأيام بالياليها متساوية الأزمان أى أن اليوم بليلته عندهم ٢٤ ساعة٠

النوع الثانى : وهم علماء الفلك المتخصصين والذين يعتمدون على الرصد والحساب٠ ويرى أن رأى عامة الناس خطأ ويوضح خطأ هذا الرأى لأن اليوم الواحد الأوسط مع ليلته هو طلوع أزمان معدل النهار الثلثمائة والستين كلها من دائرة الأفق أو دائرة نصف النهار وزيادة ما يطلع من أزمان معدل النهار٠

ويبين البتانى أن اليوم الواحد المختلف مع ليلته هو الذى تطلع أزمان معدل النهار الثلثمائة والستون كلها[١٩٢] مع زيادة ما يطلع مع مسير الشمس

المختلف فى اليوم والليلة الذى يقع الأضطرار عليه أنه أما أكثر مـــن تســـع وخمسين دقيقة وأما أقل منها[١٩٤].

ويوضح البتانى أسباب اختلاف اليوم والليلة الواحد فيقـــول : "ولمـــا كان الابتداء من دائرة الأفق يتغير ويختلف فى كل موضع باختلاف مطـــالع البروج فيه وكان الابتداء الذى من انتصاف النهار ثابتاً على حالة واحـــدة لا يتغير ولا يختلف وذلك لاستواء طلوع البروج فى فلك نصف النهار فى كـــل بلد لم يجعل ابتداء الأيام فى حساب الكواكب وتقويم مواضعها مـــن طلـــوع الشمس ولا من غروبها لكنه يجعل وقت انتصاف النهار وانتصـــاف الليـــل وأيضاً فلأن سائر الحركات الموضوعة للكواكب فى الجداول إنما وضعـــت على أيام وسطى متساوية الأزمان وإذا أغفل ما يجتمع فيما بين الأيام بلياليها المختلفة وبين الأيام بلياليها الوسطى"[١٩٥].

ونستخلص من أقوال البتانى أن الأيام والليالى ليست ثابتة وواحدة فى عدد الساعات أربع وعشرين ساعة وإنما يحدث اختلاف حوالى نصف ساعة وهذا الاختلاف ناتج عن اختلاف مطالع البروج وأيضـــاً ســـائر حركـــات الكواكب.

ولاحظ البتانى اختلاف مواقع النجوم قد تغيرت عما كانت عليه فـــى عصر بطليموس.

مبـــادرة الاعتدالـــين :

لم يتوقف نقد البتانى واختلافه مع بطليموس بل- بناء على طريقـــة منهجه فى البحث كان يبدأ بالنظر فى كتب السابقين عليه ويدقق النظر فـــى آرائهم ثم يقوم بالرصد والمقارنة بينه وبينهم حتى ينتهى إلى القياس والرصد

الدقيق فهو قد اختلف مع قدماء أهل مصر وبابل فى مقدار زمان السنة وهـو ٣٦٥ وربع يوم وجزء من ١٢٠ من يوم وعرض رأى بطليموس فى نقـده لرأى الأوائل وبين أن هذا الرأى خاطئ من وجهة نظر بطليموس ثم عرض رأى أيرخس فى طول زمان السنة وهو ٣٦٥ يوم وربع يوم فقط[١٩٦].

وبعد عرض الآراء الثلاثة وهم قدماء بـابل ومصـر وبطليمـوس وأيرخس يحاول أن يوضح أسباب الاختلاف فى تحديد مقدار طـول السـنة ومسير الشمس فيها يرجع إلى أن الأرصاد الصيفية التى توجد بمجاز الشمس على نقطة الانقلاب الصيفى الذى يكون أقل دقة من الأرصاد التـى تكـون بمجاز الشمس على إحدى نقطتى الاعتدالين سيما نقطة الاعتـدال الخريفـى لصفاء الجو ونقائه فى ذلك الزمان أكثر من صفائه ونقائه فى زمان الاعتدال الربيعى" وذلك أن الشمس إذا جازت على نقطة المتقلب كانت بطيئة الحركـة فى الميل وإذا كان مجازها على نقطتى الاعتدالين التى كانت حركتـها فـى الميل سريعة ولذلك ما اعتمد بطليموس إلا على الأرصاد الخريفية وجعـل قياسه إليها وكان أحد أرصاد إيرخس الذى عمل عليه ولم يشك فـى حقيقـة الرصد الذى عمل عليه[١٩٧].

جـــدول الاعتدال الربيعى عند البتانـــى

ويوضح البتانى فى هذا الجدول بداية فصل الربيع (٢١ مارس) وهى نفس القيم لبداية فصل الخريف (٢٢ سبتمبر) أى عندما يكون ميل الشمس م= صفر٠

الساعات	الارتفاع	الظـــل	سمـــت الارتفـــــاع		
١- بعد الشروق	١٠	٥,٦٧	٢٥,٣	٩	٨٤
-٢	٢٠	٢,٧٥	١٠,٠٠	٥٢	٧٧
-٣	٣٠	١,٧٣	٤٣,٠٠	٣١	٧٣
-٤	٤٠	١,١٩	٢٣,٧	١	٦١
-٥	٥٠	.,٨٤	٢٧	٣١	٤٦
٦-وقت الظهر	٦٠	.,٥٨	٠٠	٠٠	٠٠

ويعقد البتانى مقارنة بين رصد بطليموس وإيرخس ليبين الفرق فـــى درجات الرصد بينها وأيهما أدق وأقرب[١٩٨] إلى الصواب، وتوصل إلـــى أن الفرق بينهما حوالى ٢٨٦ سنة٠

ثم يعرض الرأى الصواب الدقيق والرصد الصحيح فعبر عن ذلـــك قائلا: "ثم رصدنا نحن بمدينة الرقة فتغير عن ذلك"٠

ويبين البتانى الجديد الذى أضافه إلى السابقين وأوجه الاختلاف بيـــن رصده ورصدهم فيقول : "وكان أحد أرصادنا الخريفية الذى نعتمد عليه ونثق

بصحته فيما ظهر لنا بآلة الرصد الذى بعد رصد بطليموس الخريفى الذى قد تقدم ذكره ٧٤٣سنة[١٩٩].

ويؤكد البتانى على أهمية الملاحظة وإجراء التجارب مــع اســتخدام أدوات الرصد ووضع القروض واختبارها مما يدل على التزامـــه بقواعـــد المنهج العلمى.

ويظهر ذلك بوضوح من خلال حسابه للمدة الزمانيـــة للســنة عــن طريق الرصد والتجريب والفرض حتى وصل إلى تحديــد الفــرق الزمنـــى للرصد بطليموس لحركة الشمس فى اليوم وفى السنة المصرية[٢٠٠].

الفصل الرابع

الفلك التطبيقى عند البتانى

سبق أن أشرنا إلى أقسام علم الفلك الحديث التى تتفق مع أبحاث البتانى ومنها القسم الخامس والأخير الخاص بعلم الفلك العملى أو التطبيقى واهتم بالبتانى بهذا الجانب العملى لذلك سنقدم بعض النماذج كأمثلة تؤكد على أهمية الفلك التطبيقى عنده وبطريقة موجزة لأن تفصيلات هذه الأعمال تدخل فى دائرة علماء الفلك المتخصصين ونحن نتكلم ونبحث فى تاريخ العلوم عند العرب وبصفة خاصة عند البتانى وجهوده فى علم الفلك٠

تحديد خط نصف النهار(٢٠١) :

ويعرفها علماء الفلك الآن بدائرة الزوال أو خط طوال المكان وهو سمت الجنوب ويشرح البتانى الخطوات التى يتبعها باحث علم الفلك لمعرفة خط نصف النهار لأى بلد وفى أى وقت من أوقات السنة إذا كان موضع الشمس غير معلوم ويستعين البتانى بالطرق الهندسية واستخدام المعادلات فضلا عن آلات الرصد التى سبق عرضها ورسمها عنده وأهم هذه الطرق هى: (٢٠٢).

١-طريقة تعيين خط نصف النهار إذا كان موضع الشمس معلوما٠

٢-طريقة تعيين خط نصف النهار وذلك بمعرفة الارتفاع الذى لا ميل لسمته عند مطلع الاعتدال أو عند غروبه٠

٣-طريقة تعيين ارتفاع الشمس وقت الظهيرة مع تضعيف ارتفاع أو الحمل٠

٤-طريقة لإيجاد الارتفاع الذى لا سمت له، والنتيجة التى وصل إليه البتانى قريبة من النتائج الحديثة.

٥-طريقة تعيين عروض البلدان ويحدد أن هذه الطريقة تستلزم تعيين خـط عرض المكان يحتاج إلى معرفة ارتفاع الشمس وقت الظهر.

٦-طريقة البتانى لمعرفة أبعاد الكواكب عن فلك معدل النهار وما يتوسـط السماء معها فى أجزاء البروج ويشرح البتانى هذه الطريقة فى خطوتيـن هما :

أولاً : تحديد عرض الكواكب وجهته (شمال أو جنوب دائرة معدل النهار).

ثانياً : تحديد ميل الجزء الذى يوجد فيه الكوكب.

٧- طريقة معرفة بعد الكوكب عن فلك معدل النهار، ويقدم البتـانى شـرحاً وافياً لهذه الطريقة فيقول : "اضرب وتر ارتفاع أول الحمل لذلك البلـد فى وترسمت مطلع البروج أو مغيبة فبما بلغ فقوسه وما بلغ من القـوس فهو بعد الكوكب عن معدل النهار فى جهة السمت[٢٠٣].

أرهاصات تاريخية حول التقويم :

يعتبر التقويم من الأمور الهامة والوسائل الفعالة لضبط أزمنة الحيـاة العامة والطقوس الدينيـة، والزراعيـة والأحـداث التاريخيـة، والعلميـة والبشرية[٢٠٤].

ويعتمد التقويم على حركة الشمس والقمر وعلى الحركـات الفلكيـة بشكل جزئى وعلى الإنسان بشكل عام الذى يقوم بحساب عدد الأيام وعـدد الليالى[٢٠٥].

معنى التقويم :

وتعنى كلمة التقويم كما عرفها ابن منظور فقال : "قام بمعنى وقـف وقام قائم الظهيرة أى قيام الشمس وقت الزوال، ويعنى الزوال أن الشمس إذا

بلغت وسط السماء أبطأت حركة الظل إلى أن تزول الشمس، فيحسب الناظر المتأمل أنها وقفت سائرة ويقال : قام ميزان النهار فهو قـــائم، أى اعتـدال والتقويم باللاتينية Calendarium ومعناها البيانات الهامة وهى مشتقة مـــن كلمة قبلها هى Calendar أى اليوم الأول من الشهر الرومانى، وهو حـدث هام عندهم يعنى بدء السوق أو بعض الأعياد(٢٠٦).

أنــواع التقــويــم : وهى ثلاث أنواع هم :

١- التقويم الجيوليانى :

يقوم التقويم الجوليانى على حساب متوسط طول العام ٣٦٥,٢٥ مـن اليوم وهذا المتوسط يحصل عليه بإضافة يوم لكل رابع عـــام مـــن أعـوام التقاويم الأساسية والذى يحتوى ٣٦٥ يوما وهـــذا أصـل الأســاس للســنة الكبيسة(٢٠٧).

وقد أنشأ قيصر هذا التقويم الجوليانى بناء على نصائح وقوانين عـالم الفلكى السكندرى سوسيجنس، ومن مساوئ هذا التقويم أن عامة يختلف عـن العام الفلكى بـــ ٠,٠٧٨ من اليوم٠

وأما التقويم عند البتانى فقد تفوق عن التقويم الجوليانى وأقرب إلـــى الصواب وذلك عندما قاس علماء الفلك المحدثين اليوم فكـان عنـد البتـانى ٠,٠٠٩ أما عند المحدثين ٠,٠٠١٢ من اليوم وهذه القيمة تساوى ما يقرب من ٤٢٠ ثانية ودقيقة واحدة من اليوم٠

٢- التقويم الجريجورى :

ويبلغ طول السنة فى هذا التقويم ٣٦٥,٢٤٢٥ من يـــوم الشــمس، وفيه تستبعد السنوات القرنية ١٦٠٠- ١٧٠٠- ١٨٠٠ التى لا تقبل القســمة

على ٤٠٠ كسنوات كبيسة لذلك لا يعتبر علماء الفلك سنوات ١٧٠٠، ١٨٠٠ من السنوات الكبيسة بينما سنة ١٦٠٠- ٢٠٠٠ تعتبر كبيسة وبذلـك يوجـد فى التقويم الجوليانى ١٠٠ سنة كبيسة فى كل ٤٠٠ سنة بينما يسـقط فـى التقويم الجريجورى ثلاث سنوات من هذه المائة وعلى هذا فإن متوسط طول العام فى التقويم الجريجـورى يسـاوى ٣٦٥- ٤٠٠/٩٧ مـن الأيـام أو ٢٤٢٢, ٣٦٥ من الأيام وهذه القيمة قريبة من السنة الفلكية[٢٠٨].

٣- التقـويم القمـرى :

بدأ التقويم القمرى بعد ظهور الإسلام وتم العمل به رسميا فى عـهد عمر بن الخطاب وليس معنى ذلك أنه لم يكن معروفا للأمم السابقة بل عرفه من قبل الهند والصين وعرب الجاهلية ويهود يثرب وكانوا قد جمعوا بيـن التقويمين القمرى والتقويمين الشمسى لتكون بذلك كل شـهورهم وسـنينهم طبيعية[٢٠٩] وحدد المسلمون السنة القمرية استنادا إلى القرآن والسنة وانتشـر هذا التقويم فى الأمم المسلمة جميعا فكان الفرس أول الأمم المتأثرة بـالتقويم الإسلامى القمرى واعتمدوا على التقويم الهجرى[٢١٠].

اليـوم الشمسـى :

وهو غروب الشمس وشروقها ومن رأى بروز القمر أساسا اسـمى يومه "اليوم القمرى"، ومن عد دورة بعض النجوم ومرورها بخـط الـزوال اسمى يومه "اليوم النجمى" واليوم الشمسى أطول الأيـام واليـوم القمـرى أقصرها.

المشاكل التى تواجـــه التقـــويـم :

وتوجد بعض المشكلات التى تعرقل التقويم ومنها أن طـــول الســـنة ليس عددا صحيحا من الأيام وحيث أنه من الاحتياجات العلمية أن لا يريـــد المرء كسرا من اليوم يترك فى نهاية التقويم فعلى هذا توجد مجموعـــة مـــن القواعد فحواها أن يضاف يوما إلى بعض السنوات وأن يكون المتوسط لعـدد كبير من سنوات التقويم مساوية تقريبا للطول الحقيقى مثلا لرحلـــة الأرض حول الشمس التى تبلغ ٢٤٢٢, ٣٦٥ من اليوم الشمسى ومن هـــذه النقطـــة يعتبر كثير من التقاويم القديمة غير مناسبة إلا أن نسبة تقاويم البتانى كـــانت قريبة من الصحة وأن نسبة الخطأ بها كما يرى علماء الفلك صغيرة[٢١١].

ولذلك اعتبر قيصر طول العام السادس والأربعين قبل الميلاد ٤٤٥ يوما وذلك لجمع الأخطاء الماضية وكان ذلك قبل البتانى بكثير[٢١٢].

أسمــــــاء الشهـــور :

اتفقت الأمم السامية على عدد الشهور فى السنة القمرية لكنها اختلفت فى تسميتها وأعدادها ١٢ شهر.

تحديد اليوم واختلافه عند الأمم :

يتحدد اليوم بناءا على زمن دوران القمر حول الأرض يساوى تمامـا دورانه حول محوره، فإذا كان القمر مثلا يدور حول الأرض فى شهر قمرى فيكون طول اليوم القمرى مساويا لشهر القمر أى يكون طول النهار القمـــرى أسبوعين وكذلك طول الليل القمرى أسبوعين[٢١٣].

أما اختلاف اليوم فيعتبر البابليون والأغريق بدء اليوم شروق وانتهاء الشروق الثانى، أما عند العرب واليهود أول اليوم غروب الشمس وانتهاء الغروب الثانى [ولهذا يفطر المسلمون على الغروب أى انتهاء اليوم، أما الرومان فهم يعتبرون منتصف الليل بدء أو انتهاء ومسار عليه الغرب.

التقويم عند البتانى

تناول البتانى التقويم بعمل الرصد القائم على الحساب والرسوم الهندسية والجداول وذكر تاريخ العرب والروم والقبط والفرس وطريقة تحويل بعضها إلى بعض وذكر أسماء شهور العرب والروم والقبط والفرس.

وهذا الجدول يوضح أسماء الشهور عند العرب والقبط والفرس

العدد	شهور العرب	شهور القبط	شهور الروم		شهور الفرس
١	محرم	توت	ايلول	٣٠ يوما	فرور دين ماه أول يوم من النيروز
٢	صفر	بابة	تشرين الأول	٣١ يوما	أرد بهشت ماه
٣	ربيع الأول	أتور	تشرين الثانى	٣٠ يوما	فردا ذماه
٤	ربيع الثانى	كيهيك	كانون الأول	٣١ يوما	تعيرماه
٥	جمادى الأول	طوبة	كانون الآخر	٣١ يوما	مرأد دماه
٦	جمادى الآخر	أمشير	شباط	٢٨,٢٥ يوما	شهر يورماه
٧	رجب	برمهات	آزار	٣١ يوما	مهرماه
٨	شعبان	برمودة	نيسان	٣٠ يوما	أبان ماه
٩	رمضان	بشنس	آيار	٣١ يوما	اذرماه
١٠	شوال	بؤنة	حزيران	٣١ يوما	ديتماه ماه
١١	ذى القعدة	أبيب	تمور	٣١ يوما	بهمين ماه
١٢	ذى الحجة	مسرى	اب	٣١ يوما	اسفندار مذماه

طـــول الأشهـــر :

بحث البتانى فى طول الشهر وبين أسباب اختلاف طول الشهر عند كل من العرب والقبط والروم والفرس.

طول الأشهر العربية :

يقول البتانى تتراوح طول الأشهر العربية ما بين شهر ٣٠ يوما وشهر ٢٩ يوما إلا ذو الحجة فطوله ٢٩,٣٦٦٦٦٦ يوما[٢١٤].

طول الأشهر القبطية[٢١٥].

يذكر البتانى أن طول أشهر القبط متساوية حيث يكون طول كل منها ٣٠ يوما وخمسة أيام تلقى بعد الأثنى عشر تسمى باللواحق ويكون لذلك مجموع أيام السنة القبطية ٣٦٥,٢٥ يوما وفى السنة الرابعة ٣٦٦ يوما، ويبدأ تاريخ القبط من ممات الإسكندر المقدونى لأهل مصر.

طول أشهر الروم[٢١٦].

يحدد البتانى طول أشهر الروم فطول سباط أو شباط ٢٨,٢٥ يوما ويضاف ربع يوم كل أربع سنوات وتكبس السنة فى الرابعة فيكون منها سباط ٢٩ يوما وذلك يكون مجموع أيام السنة البسيطة ٣٦٥ يوما وفى السنة الكبيسة ٣٦٦ يوما[٢١٧].

طول الأشهر الفارسية :

يذكر البتانى أن أيام السنة الفارسية ٣٦٥ يوما بلا كسر واليوم السادس والعشرين من أياز ماه الفرور ديجان وهى عشرة أيام خمسة منها

بقية أبان ماه إلى الثلاثن الواجبة لا باز ماه وخمسة أيام تطرح ولا تعد من الشهور وكذلك اليوم السادس عشر من شهر ماه المهرجان[٢١٨].

تحديد رأس السنة الهجرية

يوضح البتانى طريقة تحديد رأس السنة الهجرية أو رأس كل شهر من سنى العرب عن طريق تحديد سنة هجرية تامة وتضرب فى $\frac{١١}{٣٠}$ ٣٥٤ وإذا كان يوجد كسر وكان ذلك الكسر أقل من النصف فيجب إسقاطه وأن كان أكثر من النصف فتحسب على أنه يوم وإذا زاد من الأيام فتجمع ما مضى من أول الهجرة إلى تلك السنوات التامة من الأيام وهو الأصل ثم يضاف عليه ٥ أيام ويقول البتانى وفى ذلك "ألق من المجتمع سبعة سبعة فما بقى دون سبعة أو سبعة فهو علامة السنة المستقبلة فالقة من يوم الأحد يخرج بك الحساب إلى اليوم الذى يدخل به المحرم من السنة التى أتت فيها المحرم[٢١٩].

ويستمر البتانى فى شرح وتوضيح طرق معرفة ما مضى من شهور السنة التامة لشهر يومين ولشهر آخر يوما ويكون ذلك كل شهرين تامين من الشهور القمرية ثلاثة أيام فإن كان شهرا واحدا وبقى شهر منفردا فخذ له يومين ثم ألق ذلك سبعة سبعة وألق ما بقى دون سبعة أو سبعة من يوم الأحد يقف بك الحساب فى اليوم الذى يدخل بك ذلك الشهر الذى طلب علامته[٢٢٠].

ويقدم البتانى العديد من الأمثلة لتحديد السنة البسيطة والسنة الكبيسة ويشرح كيفية معرفة السنة الكبيسة من سنوات الهجرة تسقط سنى الهجرة

ثلاثين ثلاثين وتبقى ما بقى لهذه الأرقام فأى سنة وافقت رقما من هذه الأرقام.

٢، ٥، ٧، ١٠، ١٣، ١٦، ١٧، ٢١، ٢٤، ٢٦، ٢٩ تكون هذه السنة كبيسة.

ومثال ذلك ١٤١٨ هل هى سنة كبيسة أم لا فنسقط منها ٣٠ سنة فيكون الباقى ٨ فهذه السنة كبيسة وذلك لأن الرقم ٨ غير موجود فى الأرقام السابقة ١٤٢٠[٢٢١] وذلك لأنه عند قسمتها على ٣٠ يكون الباقى ١٠ وهذا الرقم موجود فى الأرقام السابقة.

ويحدد البتانى أوائل الشهور الرومية بتاريخ ذى القرنين ويشرح الطرق التى تعتمد على الحساب والجدول ثم يشرح طريقة تعيين أوائل الشهور الفارسية[٢٢٢].

ويبحث البتانى فى معرفة تاريخ القبط من قبل تاريخ الروم ويذكر طرق عديدة ومبتكرة مازالت متداولة وصالحة حتى الآن ويستخدمها الفلكيون الآن فى عمل التقاويم المدنية بالنسبة للأمة العربية والإسلامية ومازالت هذه الطرق تستخدم فى أنحاء العالم باعتبارها طرقا حديثة.

ويذكر البتانى معرفة تاريخ الهجرة من قبل تاريخ الروم كما يوضح تاريخ الهجرة من تاريخ الفرس وأيضا تاريخ الروم بتاريخ القبط[٢٢٣].

رؤية الهلال فى أوائل الشهور وأواخرها :

وهناك عدة شروط يجب توافرها لتعيين رؤية الهلال يضعها البتانى لرؤية الهلال وهى :

صفاء الجو ونقاؤه ويعوق عن ذلك غلطة وكدرته مع ما يعرض من ذلك من تفاضل الأبصار عند النظر فى القوة والضعف وقد يكـــون الشـــفق غليظا ثم يرق بعد ذلك قبل أن يغرب القمر من الأفق ويصبر فى حد المغيب فيرى الهلال عند ذلك من بعد وقت الرؤية الذى يعمل عليه ولذا ينبغى أن لا يرى من رؤية الهلال حتى يعلم أنه قد غاب إذا كان موضع الرؤية ويتحقــق أنه قد أنحدر عن الأفق وحينئذ يرأس منه[٢٢٤].

ويشير البتانى أن اختلاف الرؤية يرجع إلى اختلاف الموضع فـــهو يمكن أن يرى فى موضع ولا يرى فى موضع آخر وقبل اختـــلاف مطـــالع ومغارب البروج فى البلدان فى الطول والقصر.

ويرى البتانى أن الرأى الصحيح لرؤية الهلال ما وصفــوه الأوائـــل بأنه لا يرى لا قل من يوم وليلة فإن أخذنا بعد القمر عن الشـــمس إذا ســـار القمر مسيرة الأصغر وصارت الشمس مسيرها الأعظم وذلك إذا كان القمـــر فى بعده الأبعد من فلك التدوير والشمس فى بعدها الأقرب[٢٢٥].

ومن خلال بعد القمر أو قربه من فلك التدوير وكذلك الشـــمس فـــى بعدها من فلك التدوير أو قربها تكون الرؤية صحيحة ويمكن تحديد مقـــدار الرؤية.

ويشرح البتانى طريقة معرفة حقيقة الرؤية، ويذكر الطرق الخاصـــة برؤية الهلال فى أوائل الشهور وأواخرها ويرى أنها من أنفع ما تقدمت بـــه المعرفة حيث كان تاريخ العرب وأوائل شهورهم يجرى على رؤية الأهلـــة وعلم ذلك على الحقيقة.

ثم يذكر البتانى أهم الصعوبات التى تواجه رؤية الهلال فى أوائـــل الشهور وأواخرها وهى :

١-قرب القمر وبعده من الشمس.

٢-بعد القمر وقربه من الأرض.

٣-اختلاف النظر الذى يعرض فى طول القمر وعرضه فى كل بلد.

٤-اختلاف عرض القمر فى الجهة الشمالية والجنوبية.

٥-قصر مطالع ومغارب البروج فى الأقاليم وطولها وكثرة الضـــوء فيــه وقلته.

أسباب عدم وجود رؤية الأهلة عند القدماء :

بحث البتانى فى أسباب عدم وجود رؤية الأهلة عند القدماء وعـــبر عن ذلك قائلا : "لم يكن القدماء مضطرين إلى علم ذلك لأن التاريخ عندهـــم والذى يعملون عليه سنو الشمس لأن أوائل الشهور القمرية عندهم معلومـــة بأوقات الاجتماعات التى يدل على حقيقتها الحساب ولقد ذكروا أنه لا يمكـــن أن يرى الهلال لا قل من يوم وليلة[٢٢٦].

ويرى البتانى إذا اختفت هذه الأسباب يمكن الرؤية وذلك لأن مقـــدار الرؤية الموجودة بالأرصاد وأن كان مقاربا للمقدار الذى يظهر بهذه الجهـــة المذكورة...."[٢٢٧].

ويشير البتانى أن الرؤية هذه تكون بالتقريب وليســـت محـــددة لأن المعرفة برؤية الهلال الموجود بالرصد إنما تصبح من قبل أقدار الأقواس من معدل النهار (الميل) التى تكون بين الشمس والقمر عند طلـــوع الشـــمس أو غروبها"[٢٢٨].

وقد قام البتانى بعمل جداول هامة مازالت صالحة إلى اليوم، ويستمر فى عرض وشرح الطرق الخاصة بتحديد صورة الهلال مع استخدام الرسم الهندسى وهما :

الصورة الأولى :

تصور الهلال٠ فصورته على حالته التى يرى عليها من اعتدال طرفيه أو ميلهما٠

الصورة الثانية :

موضع الهلال الذى يرى فيه من الفلك بحسب ارتفاعه عن أفق المغرب فى أوائل الشهور(٢٢٩)٠

أهمية الزيج الصابئ :

ترجع أهمية الزيج الصابئ إلى دقته فى حساب وقوانين الكواكب وطرق حركتها وإثبات سرعتها وبطئها واستقامتها ومواضع هذه الكواكب فى أفلاكها فى أى وقت ومعرفة الشهور والأيام والتواريخ الماضية٠

تنسيق كل هذه الموضوعات الفلكية ووضعها فى جداول مرتبة سهل الإطلاع عليها، واتسمت هذه الجداول بالدقة البالغة عن أى جداول أخرى كانت موجودة قبله، كما أنه يشتمل على معلومات صحيحة ودقيقة، فضلا عن الأرصاد القيمة التى قام البتانى بها بنفسه وكان لها أثرا كبيرا على علم الفلك الإسلامى وعلى تتطوره وحساب المثلثات الكرى فى أوربا فى العصور الوسطى وبداية عصر النهضة(٢٣٠)٠

ولعل أسباب أهمية الزيج الصابئ تكمن فى اشتماله على علم حساب المثلثات الذى ساهم فى تطوير علم الفلك وعلم الهندسة المساحية الذى يساعد على قياس المسافات التى يتعذر قياسها بالطرق الهندسية العادية[٢٣١].

أثر الزيج الصابئ على علماء الفلك العرب :

استفاد أغلب علماء العرب من كتاب الزيج الصابئ فهو يعتبر بالنسبة لهم بطليموس العرب لأنه وضع أسس علم الأرصاد الدقيق من حيث الرصد واستخدام آلات رصد دقيقة وكانت حساباته الفلكية دقيقة ومحل ثقة العلماء لذلك نجد أن كثيرا من علماء الفلك العرب الذين أتوا بعده اعتمدوا عليه فى حسابتهم، كما قام بعضهم باقتباس بعض محتوياته أو تفسيرها ومثال على ذلك أن البيرونى ألف كتاب عن زيج البتانى هو "كتاب جلاء الأذهان فى زيج البتانى" ويشير البيرونى فى كتابه "تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن" إلى أن أبا محمود حامد بن الخضر الخجندى المتوفى عام ٣٩٠هـ (١٠٠٠م) كان يعتمد على زيج البتانى فى حساباته[٢٣٢].

ويذكر البيرونى فى كتابه "نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن" أن حسابات أهل خرسان كانت من زيج الصابئ الموضوع على الرقة"[٢٣٣].

ومن بين علماء العرب الذين استفادوا وتأثروا بالزيج الصابئ هو العالم الأندلسى أبو القاسم مسلمة بن أحمد المجريطى المتوفى عام (٣٩٧هـ ١٠٠٧م) فقد أخذ جزءا من زيج البتانى وهو الخاص بحركات الكواكب وتعديلها ثم وضع كتابا اختصر فيه هذه التعديلات.

وتأثر واستفاد من الزيج الصابئ أيضا علماء المغرب ومنهم أبا الحسن على بن عمر المراكشى فى منتصف القرن الثالث عشر للميلاد قد

ألف كتاب من أهم الكتب العامة فى علم الفلك وكتاب جامع المبادئ والغايات فى علم الميقات معتمدا فى بعض أجزائه على الزيج الصابئ[٢٣٤].

أثر الزيج الصابئ على علماء الفلك الأوربيين :

لا شك أن اهتمام علماء أوربا بترجمة هذا الزيج الصابئ إلى العديد من اللغات منها الأسبانية بأمر من الفونس العاشر "صاحب قشتالة وترجم إلى اللاتينية، واعتراف المستشرقون بأهمية الزيج (كما سبق أن أشرت). يدل على تأثرهم به وتقديرهم، وأفضل دليل على تأثير الزيج الصابئ على علماء الغرب هو أن النسخة الوحيدة الموجودة من مؤلفات البتانى وهو الزيج : قام بتحقيقه ومراجعته عالم الفلك كرلو نلينو مما يدل على أهمية البتانى واستحواذه على مكانة رفيعة فى الفلك عندهم.

كذلك قام كل من جيراردكو يمونى وجوهانز هيلز بترجمة أعماله وأهمها الزيج الصابئ الذى أصبح أحد الكتب الرئيسية فى تدريس الفلك فى أوربا إلى أول عصر النهضة وظلت مؤلفات البتانى متداولة وعلى نطاق واسع كما يقول" ستيفان ونائدى رونارت فى (موجز دائرة معارف الحضارة العربية)[٢٣٥] حين أكد على النظريات الرياضية التى وضعها البتانى وإنجازاته الفلكية قد ساهمت بدور هام فى تطوير علم الفلك، واعتمد "دنثورن عام ١٧٤٩م على ملاحظات البتانى الفلكية حول إثباته سرعة القمر فى حركته خلال قرن حول الأرض[٢٣٦].

ويعتبر الأثر الكبير الذى تركه البتانى على علماء المشرق العربى وعلماء المغرب العربى الفلكين فضلا عن أثره البالغ التأثير على الفكر الفلكى الغربى يؤكد بجدارة أن البتانى كان علما بارزا وضليعا فى مجال

علمه الفلكى والذى دعمه "وأسس" قواعده على أسس رياضية دقيقة لا تقبـــل الشك أو الاحتمال، وجاءت القوانين الفلكية والنظريات الرياضية التى توصل إليها صحيحة ودقيقة وتواكب النتائج العلمية التـــى توصـــل إليـــها العلمـــاء المحدثين والفرق بين نتائج البتانى ونتائج علماء العصـــر الحديـــث طفيفـــة وصغيرة بمقياس عامل الزمن واختلاف الآلات وتطورها وتقدم العلم الفلكـــى والعلم الرياضى٠

الهـوامـــش

(١) دائرة المعارف الإسلامية الترجمة العربية المجلـــد الســـادس مـــادة البتانى، ص١٩٣، ١٩٥ ٠

(٢) الأطلس التاريخى للعالم الإسلامى فى العصور الوسطى ٤، ٨ ٠

(3) **Ball :** Ashort History of Mathematics.

(٤) قدرى حافظ طوفان تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلـك، دار المعارف، ط٣، ص٢٤٢ ٠

(5) **Sarton :** Introduction to the History of science vol. 1 page, 6 02.

(٦) د٠ إمام إبراهيم أحمد : الزيج الصابئ للبتانى، مجلة تراث الإنسانية، ص١٨٥ ٠

(٧) ابن النديم : الفهرست لسنة ٣٧٧هـــ، ٩٨٧م٠

(٨) المعتصم هو الخليفة العباسى الثامن، تولى الخلافة بعد المأمون مـــن عام ٨٣٣م إلى ٨٤٢م٠

(٩) هى مدينة سرمن رأى على نهر دجلة شمال بغداد٠

(١٠) على نهر دجلة شمالى سرمن رأى- الأطلس التاريخى خريطة ٤ ٠

(١١) ياقوت الحموى : المشترك وضعاً والمختلف صعقاً٠

(١٢) أبو جعفر عبد الله المنصور تولى الخلافة من ٧٥٤م حتـــى وفاتـــه ٧٧٥م٠

(١٣) الخليفة العباسى عبد الله المأمون تولـــى الخلافـــة مـــن ٨١٣م إلـــى ٨٣٣م٠

(١٤) د٠ أيدين صابيلى : المراصد الفلكية فى العالم الإســـلامى ترجمـــة د٠عبد الله العمرى، مراجعة د٠عبد الحميد صبره، مؤسسة الكويـــت إدارة التأليف والنشر، الكويت، ط سنة ١٩٩٥م٠

(١٥) د٠ قدرى حافظ طوفان : تراث العرب العلمـــى فـــى الرياضيـــات والفلك، ص٢٤١ ٠

(16) Cajori : A. History of Mathematics,

(١٧) ابن خلكان : وفيات الأعيان، مجلد ص٨٠ ٠

(١٨) ابن النديم : الفهرست، ص٣٩ ٠

(١٩) دائرة المعارف الإسلامية، المجلد السادس، ص١٩٤، مادة البتـــانى، من الترجمة العربية٠

(٢٠) المرجع السابق، ص١٩٤ ٠

(٢١) د٠ قدرى طوقان : تراث العرب العلمى فى الرياضيـــات والفلـك، ص٢٤٦ ٠

(٢٢) د٠ زين العابدين متولى : عبقرية البتانى، المجلس الأعلى للشـــئون الإسلامية، ص٣٠ ٠

(٢٣) المرجع السابق، ص٣٠ وقدرى طوقان : تـراث العـرب العلمـى، ص٢٤٦ ٠

(٢٤) ابن خلكان : وفيات الأعيان مجلد، ص٨٠، وأيضا دائرة المعـــارف الإسلامية، مادة البتانى، ص١٩٤ ٠

(٢٥) النظام الستينى هو النظام السائد قبل النظام العشرى وهو صفـو ١٥، ٢٦، ١٨ وهو فى الحقيقة صفر + $\frac{١٥}{٦٠}$ + $\frac{٢٦}{٦٠^{٢}}$ + $\frac{١٨}{٦٠^{٢}}$ والضـوب والقسمة على ٦٠ أمر سهل من هذه الناحية الحسابية إذ تحصل على ١٥ + $\frac{٢٦}{٦٠}$ + $\frac{١٨}{٦٠^{٢}}$ فى الحالة الأولى، صفر + $\frac{١٥}{٦٠^{٢}}$ + $\frac{٢٦}{٦٠^{٢}}$ + $\frac{١٨}{٦٠^{٤}}$ فى الحالة الثانية انظر د٠ إمام إبراهيـم أحمـد، الزيـج الصـابئ، ص١٨٧، هامش (١)٠

(٢٦) د٠ إمام إبراهيم أحمد : الزيج الصـــابئ، ص١٨٨، مجلـة تـراث الإنسانية٠

(٢٧) محمد بن موسى الخوارزمى المتوفى بعد عام ٢٣٢هـ٠

(٢٨) د٠ إمام إبراهيم أحمد : الزيج الصابئ، ص١٩١ ٠

(29) **G. Sarton,** introduction to the History of science, voll,p. K 03. Smith, History of Mathematics, vol, 1, p.201.

(٣٠) دائرة المعارف الإسلامية، مادة البتانى٠

(٣١) د٠ قدرى طوقان : تراث العرب العلمى، ص٢٤٧ ٠

(٣٢) المرجع السابق، ص٢٤٦ ٠

(٣٣) د٠ عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم، دار المعارف، ١٩٦٢، ص١٨٦ ٠

(٣٤) وترجم هذا الكتاب إلى اللاتينية مرتين وطبع بأوروبا له ترجمة عبرية أيضا٠

(٣٥) كرلو : علم الفلك، ص٤١ ٠

(٣٦) ترجم جردو دكريمونا هذا المؤلف إلى اللاتينية وطبعة سنة ١٥٣٤م٠

(٣٧) كان ابتداء الدولة الساسنية سنة ٢٣٦ أى قبل الهجرة بثلثمائة وست وتسعين سنة شمسية وانقراضها سنة ٦٥٣م٠

(٣٨) كرلو : علم الفلك وتاريخه عند العرب، ص١٩ ٠

(٣٩) يغير الكوكب موقعه بين النجوم من ليلة إلى أخرى وتكون حركته فى اتجاه واحد فتسمى الحركة المستقيمة، ثم لا يلبث أن يغير اتجاه الحركة عائدا إلى الناحية المضادة وذلك هو الرجوع، ويرجع ذلك إلى حركة كل من الكواكب والأرض حول الشمس٠

(٤٠) الأوج أبعد نقطة الكوكب عن الأرض، والحضيض أقربها٠

(٤١) د٠ إمام إبراهيم أحمد : الزيج الصابئ، ١٨٤ ٠

(٤٢) إيرخس : هو عالم الفلك والرياضة والجغرافيا الأغريقى، نشـأ فـى جزيرة رودس فى النصف الثانى من القرن الثنى قبل الميلاد، كمـا قام ببعض أرصاده فى مدينة الإسكندرية٠

(٤٣) د٠ عبد الحليم منتصر، تاريخ العلم، ص١٨٦ ٠

(٤٤) د٠ دولت عبد الرحيم : الأسس العلميـة للنظريـات الفلكيـة عنـد البيرونى، ط١، مصر سنة ١٩٩٥، ص٩٤ ٠

(٤٥) المرجع السابق، ص٩٤ ٠

(٤٦) البتانى : الزيج الصابئ، ص٥ ٠

(٤٧) المرجع السابق، ص٥ ٠

(٤٨) د٠ عاطف العراقى "دور المسلمين والعرب فى تقدم علم الفلك، مجلة الزهراء السنة الثالثة العدد الأول، يناير ١٩٨٧ رقم ١١٩، ص١٣٧

(٤٩) د٠ أيدين صابيليى : المراصد الفلكية فى العالم الإسـلامى، ترجمـة عبد الله العمر، مراجعة عبد الحميد، صـبرة، ط١، الكويـت، سـنة ١٩٩٥، ص٦٣ ٠

(٥٠) المرجع السابق، ص٦٤ ٠

(٥١) المرجع السابق، ص٧٠ ٠

(٥٢) القفطى، ص٢٢٨، ٢٢٩ ٠

(٥٣) مؤيد الدين العرضى : كتاب الهيئة، تحقيق جميل صيلبا، ص٢١ ٠

(٥٤) البتانى : الزيج، ص٤ ٠

(٥٥) المرجع السابق، ص٣ ٠

(٥٦) المرجع السابق، ص٣ ٠

(٥٧) د٠ إديدين صايبلى : المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى، ص٧٣ ٠

(٥٨) المرجع السابق، ص٧٥ ٠

(٥٩) حاجى خليفة كشف الظنون، ج٣، ص٥٥٧، ٥٥٨، ج٢، ص٩٦٥ ٠

(٦٠) ابن زريق، ص١٢ ٠

(٦١) البتانى "الزيج" ص٧ ٠

(٦٢) المرجع السابق، ص٦ ٠

(٦٣) المرجع السابق، ص٧ ٠

(٦٤) المرجع السابق، ص٦ ٠

(٦٥) المرجع السابق، ص٦ ٠

(٦٦) ابن الهيثم : الشكوك على مقالة بطليموس تحقيق د٠عبد الحميد صبرة، ص٣ ٠

(67) Francis Bacon : Novum, Organum, aphorism.

(٦٨) البتانى : "الزيج"، ص٧ ٠

(٦٩) المرجع السابق، ص٧ ٠

(٧٠) المرجع السابق، ص٧ ٠

(٧١) المرجع السابق، ص٧ ٠

(٧٢) المرجع السابق، ص٧ ٠

(٧٣) المرجع السابق، ص٧ ٠

(٧٤) البتانى : "الزيج الصابئ"ن ص٥٧ ٠

(٧٥) د٠ قدرى طوقان : التراث العلمى للعرب فى الرياضيات والفلك، ص١٢٥ ٠

(٧٦) البتانى : "الزيج الصابئ"، ص٧١ ٠

(٧٧) البتانى : "الزيج الصابئ"، ص٣١ ٠

(٧٨) المرجع السابق، ص٣١ ٠

(٧٩) المرجع السابق، ص٤٦ ٠

(٨٠) د٠ عمر فروخ : بحوث ومقارنات فى تاريخ العلم وتاريخ الفلسفة فى الإسلام، دار الطليعة، بيروت، ص٢٧ ٠

(٨١) المرجع السابق، ص٢٨ ٠

(٨٢) البتانى : الزيج، ص١٠ ٠

(٨٣) د٠ عمر فروخ : بحوث ومقارنات فى تاريخ العلم وتاريخ الفلسفة فى الإسلام، ص٢٩ ٠

(٨٤) د٠ زكى نجيب محمود : نحو فلسفة علمية، دار الشروق، ط١، ص١٦ ٠

(٨٥) البتانى : الزيج الصابئ، ص٩ ٠

(٨٦) المرجع السابق، ص٨ ٠

(٨٧) المرجع السابق، ص٨، ٩ ٠

(٨٨) المرجع السابق، ص٨، ٩ ٠

(٨٩) المرجع السابق، ص١١ ٠

(٩٠) د٠ إمام إبراهيم أحمد : الزيج الصابئ، ص١٨٧، تراث الإنسانية٠

(٩١) كرلو : تاريخ علم الفلك، ص١٩ ٠

(٩٢) لمزيد من التفاصيل عن أقسام الفلك الحديث أنظر المرجع السابق، ص٢٠، ٢١، ٢٢ وأيضاً انظر د٠زين العابدين متولى، إطلالة على الكون، الهيئة المصرية العامة للكتاب ١٩٩٤، سلسلة العلم والحياة (٣٤، ص٦)٠

(٩٣) أى القبة الزرقاء التى يتوهم الراصد أن تتحرك الأجرام السماوية على سطحها الباطن ومركزها منطبق على موضع الراصد أو مركز الأرض٠

(٩٤) المقصود بها عند العرب فى القرون الوسطى حركة الكواكب الثابتة لزيادة أطوال هذه الكواكب بسببها٠

(٩٥) كرلو : علم الفلك تاريخ عند العرب فى القرون الوسطى، ص٢٠ ٠

(٩٦) د٠ زين العابدين متولى، عبقرية البتانى، المجلس الأعلى للشـــئون الإسلامية، ص٣٠ ٠

(٩٧) د٠ إمام إبراهيم أحمد : الزيج الصابئ : ص١٨٧ ٠

(٩٨) د٠ إيدين صابيليى : المراصد الفلكية، ص٥٤٨ ٠

(٩٩) المرجع السابق، ص٥٤٩ ٠

(١٠٠) المرجع السابق، ص٥٥٠ ٠

(١٠١) المرجع السابق، ص٥٥٠ ٠

(١٠٢) المرجع السابق، ص١٥٩ ٠

(١٠٣) البيرونى : تحديد نهايات الأماكن، ص٨٤،٨٥- القانون السـعودى، ح٢، ص٦٤٠ ٠

(١٠٤) ابن يونس : ص١٥٢، ١٦٢، يعتقد باحتمال قيامهم بعمليات رصـد ما بين عامين ٨٣٠ وعام ٨٣٤م٠

(١٠٥) البيرونى : تحديد نهاية الأماكن، ص٩١ ٠

(١٠٦) المرجع السابق، ص٨٤، والقانون السعودى، ج٢، ص٦٤٠ ٠

(١٠٧) المرجع السابق، ص٨٤ ٠

(١٠٨) د٠ أيدين صابيليى : المراصد الفلكية، ص١٦٨ ٠

(١٠٩) المرجع السابق، ص ١٦٨ ٠

(١١٠) المرجع السابق، ص١٦٩ ٠

(١١١) المرجع السابق، ص١٦٩ ٠

(١١٢) والاسطرلاب كلمة يونانية والاسطرلابون" واسـطر هـو النجـوم و"الأيون" هو المرآة وأطلقت هذه الكلمة "اسطرلاب" على عدة آلات فلكية تنحصر فى ثلاث أنواع رئيسية بحيث ما إذا كان مسقط الكرة السماوية على سطح مستوى أو هذا المسقط على خـط مسـتقيم أو الكرة بذاتها بدون مسقط ما أنظر د٠ زين العابدين متولى، الفلـك

عند العرب والمسلمين الهيئة المصرية العامة للكتاب الجزء الثانى، ص٧٦ ٠

(١١٣) د٠ إيدين صابيليى : المراصد الفلكية : ص٥٥١ ٠

(١١٤) كرلو : علم الفلك وتاريخه فى القرن الوسطى، ص١٤٨، وأيضا ابن النديم، ٢٧٣ ٠

(١١٥) ذات الحلق : اسم آلة سميت فى كتاب المجسطى لبطليموس نص كتاب ألفه أيرجلس اليونانى من علماء القرن الخامس للمسيح وهى تشتمل على سبع حلق معدنية متحركة مركبة فى بعضها يقاس بها كل ما يقاس بالاسطرلاب المسطح، انظر كرلو علم الفلك وتاريخه، ص١٤٨ ٠

(١١٦) د٠ ايدين صابيليى : المراصد الفلكية، ص٥٥٢ ٠

(١١٧) المرجع السابق، ص١٧٠ ٠

(١١٨) المرجع السابق، ص١٧١ ٠

(١١٩) المرجع السابق، ص١٦٩ ٠

(١٢٠) المرجع السابق، ص١٦٩ ٠

(١٢١) البتانى، ص٢٠٩ ٠

(١٢٢) المرجع السابق، ص٢٠٩ ٠

(١٢٣) المرجع السابق، ص٢٠٩ ٠

(١٢٤) ابن النديم، الفهرست، ص٢٧٣ ٠

(١٢٥) البيرونى : ما للهند من مقولة، ص٢٠٨ ٠

(١٢٦) الآركند هو مؤلف فلكى هندى اسمه كند كاتك ليرهمكوبت وعرف عند العرب بالآركند وهو زيج صغير وترجم الآركند قبل القرن الخامس للهجرة٠

(١٢٧) د٠ زين العابدين متولى : قاموس المصطلحات العلمية فى القـــرآن الكريم مادة القمر وأيضا" د٠ دولت عبد الرحيم : الأسس العلميـــة للنظريات الفلكية عند البيرونى، ص١٥٥ ٠

(١٢٨) المرجع السابق، ص١٨٣ ٠

(١٢٩) كرلو : علم الفلك، ص١١١ ٠

(١٣٠) الشرطان، البطين، الثريا، الدبران، الهقعة، الصعة، الذراع، النـثرة، الطرف، الجبهة، الزبرة، الصرفة، العواء، السماك الأعزل، الغفـو، الربانى، الأكليل، القلب، الشولة، النعائم، البلدة، سعد الزابح، ســعد بلع، سعد السعود، سعد الأخبية، الفـــرغ الأول، الفــرغ الثــانى، الرشاد٠

(١٣١) د٠ إمام إبراهيم أحمد : البتانى، ص١٨٩ ٠

(١٣٢) كرلو نلينو : علم الفلك، ص١١٩ ٠

(١٣٣) المرجع السابق، ص١٢٠ ٠

(١٣٤) كرلو نلينو : علم الفلك، ص١١٩ ٠

(١٣٥) المرجع السابق، ص١٢٠ ٠

(136) Ecriffini: Jnotion alle stazioni neel astronomia degli Arabi, Rivista degli sudi orientali, 1,4,1898 p.438.

(١٣٧) البيرونى : القانون المسعودى ج٢، المقالة الثامنة، ص٨٦٣ ٠

(١٣٨) كرلو نلينو : علم الفلك، ص٢١٥ ٠

(١٣٩) د٠ زين العابدين متولى : المصطلحات العلمية فى القرآن الكريـم : مادة خسف٠

(١٤٠) المرجع السابق مادة خسف٠

(١٤١) د٠ زين العابدين متولى : عبقرية البتانى، ص٤٧ ٠

(١٤٢) كرلو نلينو : علم الفلك، ص٢٥٠ ٠

(١٤٣) أحمد سعيد الدمرداش، حركات الكرات السماوية لنيقولاكوبرنيـــق، من تراث الإنسانية الهيئة المصرية العامة للكتاب، ص١٥ ٠

(١٤٤) البتانى : الزيج، ص٧٦، وما بعدها٠

(١٤٥) أحمد سعيد الدمرداش : حركات الكرات السماوية، ص١٣ ٠

(١٤٦) البتانى : الزيج، ص٨١ ٠

(١٤٧) المرجع السابق، ص٨٢ ٠

(١٤٨) ابن رشد : تفسير ما بعد الطبيعة ج٣، ص٦٦٠، ص٦٦١ ٠

(١٤٩) ابن رشد : المرجع السابق، ج٣، ص٦٦٠، ص٦٦٢ ٠

(١٥٠) ابن رشد : المرجع السابق، ج٣، ص٦٦٠، ص٦٦٢ ٠

(١٥١) أحمد سعيد الدمرداش : حركات الكرات السماوية لينقولاكوبرنيق٠

(١٥٢) البتانى : الزيج ص٨٢ ٠

(١٥٣) البتانى : الزيج ص٨٢ ٠

(١٥٤) المرجع السابق، ص٨٢ ٠

(١٥٥) البتانى : المرجع السابق، ص٨٢ ٠

(١٥٦) أحمد سعيد الدمرداش : حركات الكرات السماوية لينقولاكوبرنيـــق، ص١٠ ٠

(١٥٧) كرلو نلينو : علم الفلك، ص٢٦٦، ٢٦٧ ٠

(١٥٨) المرجع السابق، ص٢٦٧ ٠

(١٥٩) البتانى : الزيج، ص٢٥ ٠

(١٦٠) المرجع السابق، ص٢٧ ٠

(١٦١) المرجع السابق، ص٢٨ ٠

(١٦٢) د٠ دولت عبد الرحيم : التصور الفلكى عند ابن رشد الهيئة العامـــة للكتاب لسنة ١٩٩٧، ص٤٣ ٠

(١٦٣) د٠ دولت عبد الرحيم : الأسس العلمية للنظريات الفلكية، ص١١٧

(١٦٤) د٠ أحمد سعيد الدمرداش : حركات الكرات السماوية لنيقولاكوبرنيق، ص١٣ ٠

(١٦٥) البتانى : الزيج الصابئ، ص٦٨ ٠

(١٦٦) رشينباخ : نشأة الفلسفة العلمية ترجمة د٠ فؤاد زكريا ط٢ المؤسسة العربية للدراسات والنشر بيروت سنة ١٩٧٩، ص٩٣ ٠

(١٦٧) البتانى : الزيج الصابئ ص٦٤ ٠

(١٦٨) المرجع السابق، ص٦١ ٠

(١٦٩) د٠ طوقان : تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك، ص١٢٥

(١٧٠) د٠ على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك، ص٤٥، وأيضا Marmery nillinj, progress of science, London 1895, P.33.

(١٧١) د٠ زين العابدين متولى : عبقرية البتانى، ص٤٢ ٠

(١٧٢) أوج : هو نقطة ب أى أبعد نقطة عن البؤرة التى توجد بها الشمس وفى نفس الوقت فإن نقطة أ هى نقطة الحضيض٠

(١٧٣) د٠ إمام إبراهيم أحمد : تاريخ الفلك عند العرب٠

(١٧٤) د٠ على عبد الله الدفاع : أثر العلماء العرب المسلمين فى تطوير علم الفلك، ص١٠٠ ٠

(١٧٥) د٠ محمد جمال الدين القندى : البيرونى، ص١١٥ ٠

(١٧٦) البيرونى : القانون المسعودى الجزء الثالث، ص٣٤ ٠

(١٧٧) البتانى : الزيج ص ١٥٧ ٠

(١٧٨) المرجع السابق، ص١٥٧، وما بعدها٠

(١٧٩) المرجع السابق، ص١٥٧، وما بعدها٠

(١٨٠) البتانى : ص٢٨ ٠

(١٨١) البتانى : الزيج، ص٧٣ ٠

(١٨٢) المرجع السابق، ص٧٤ ٠

(١٨٣) المرجع السابق، ص٧٤ ٠

(١٨٤) المرجع السابق، ص٦١ ٠

(١٨٥) المرجع السابق، ص٦١ ٠

(١٨٦) المرجع السابق، ص٦٣ ٠

(١٨٧) المرجع السابق، ص٦٣ ٠

(١٨٨) المرجع السابق، ص٦٤ ٠

(١٨٩) البتانى : المرجع السابق، ص٦٣ ٠

(١٩٠) البتانى : المرجع السابق، ص٦٢ ٠

(١٩١) المرجع السابق، ص١٠٥

(١٩٢) د٠ زين العابدين : نحو تقويم هجرى موحد، مجلة أكاديمية البحث العلمى، ص٣٦ ٠

(١٩٣) المرجع السابق، ص٣٧ ٠

(١٩٤) المرجع السابق، ص٣٤، وأيضا د٠ محمد التونجى : جذور التقويم العربى فى ذكرى القرن، الخامس الهجرى المؤتمر السنوى الخامس لتاريخ العلوم عند العرب المنعقد فى جامعة حلب بإشراف معهد التراث العلمى العربى وكلية الآداب، سنة ١٩٨٢، ص٤٢ ٠

(١٩٥) د٠ زين العابدين متولى : عبقرية البتانى، ص٤٦ ٠

(١٩٦) المرجع السابق، ص٤٦ ٠

(١٩٧) د٠ زين العابدين متولى : التقويم القمرى، مجلة الأزهر، ص١٠٩٤

(١٩٨) د٠ زين العابدين : نحو تقويم هجرى موحد، ص٣٥ ٠

(١٩٩) المرجع السابق : عبقرية البتانى، ص٤٥ ٠

(٢٠٠) المرجع السابق، ص٤٥ ٠

(٢٠١) المرجع السابق، نحو تقويم هجرى موحد ص٣٥ ٠

(٢٠٢) البتانى : الزيج ص١٠٠ ٠

(٢٠٣) البتانى : الزيج ص١٠٠ ٠

(٢٠٤) البتانى : الزيج ص ١٠٤ ٠

(٢٠٥) المرجع السابق ص ١٠٦ ٠

(٢٠٦) المرجع السابق، ص١٠٥ ٠

(٢٠٧) البتانى : ص١٠١، وأيضا د٠ زين العابدين : عبقرية البتانى، ص٤٦ ٠

(٢٠٨) البتانى : ص١٠١ ٠

(٢٠٩) د٠ زين العابدين : عبقرية البتانى، ص٤٧ ٠

(٢١٠) البتانى : الزيج ص١٠١ ٠

(٢١١) المرجع السابق، ص١٠٢ ٠

(٢١٢) المرجع السابق، ص١٠٥ ٠

(٢١٣) المرجع السابق، ص١٠٣ ٠

(٢١٤) المرجع السابق، ص١٠٤ ٠

(٢١٥) المرجع السابق. ص١٠٥ ٠

(٢١٦) المرجع السابق، ص١٠٢ ٠

(٢١٧) المرجع السابق، ص١٠١ ٠

(٢١٨) د٠ على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك، ص١٦٩ ٠

(٢١٩) البيرونى : تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن، تحقيق د٠ ب بولجاكوف، مراجعة د٠ إمام إبراهيم أحمد طبيعة معهد المخطوطات بجامعة الدول العربية، ص١٠٣ ٠

(٢٢٠) المرجع السابق، ص٢١٩ ٠

(٢٢١) د٠ إبراهيم أحمد : الزيج الصابئ ص١٩١ ٠

(٢٢٢) د٠ زين العابدين متولى : عبقرية البتانى ص٢٠ ٠
(٢٢٣) د٠ على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك، ص١٦٩ ٠
(٢٢٤) كرلو : علم الفلك وتاريخه عند العرب فى القرون الوسطى، ص٤٠
(٢٢٥) المرجع السابق، ص١٠٣ ٠
(٢٢٦) المرجع السابق، ص١٠٤ ٠
(٢٢٧) المرجع السابق، ص١٠٥ ٠
(٢٢٨) المرجع السابق، ص١٠٢٠
(٢٢٩) المرجع السابق، ص١٠١ ٠
(٢٣٠) د٠ على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك، ص١٦٩ ٠
(٢٣١) البيرونى : تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن، تحقيق د٠ب بولجاكوف، مراجعة د٠ إمام إبراهيم أحمد، معهد المخطوطات بجامعة الدول العربية، ص١٠٣ ٠
(٢٣٢) المرجع السابق، ص٢١٩ ٠
(٢٣٣) د٠ إمام إبراهيم أحمد : الزيج الصابئ، ص١٩١ ٠
(٢٣٤) د٠ زين العابدين متولى : عبقرية البتانى، ص٢٠ ٠
(٢٣٥) د٠ على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك، ص١٦٩ ٠
(٢٣٦) كرلو:علم الفلك وتاريخه عند العرب فى القرون الوسطى، ص٤٠

المصـــادر والمراجع العربيـــة

أولاً : القرآن الكريـــــم٠

ثانياً : المصـــــــــادر٠

أبى عبد الله محمد بن سنان بن جابر الحرانى المعروف بالبتانى كتاب الزيـج الصابئ؛ تحقيق، د٠ كرلو نلينو طبعة روما ١٨٩٩م٠

ثالثاً : المراجع العربيـــــة :

١- **ابن أبى أصبيعـة** : عيون الأنباء فى طبقات الأطبـــاء؛ دار الفكـــر بيروت، ١٩٧٥م٠

٢- **ابـن النديــــم** : الفهرســت، المطبعـة الرحمانيـــة، القـاهرة، ١٩٤٨م٠

٣- **ابن خلـــــدون** : المقدمة تحقيق: د٠عبد الواحد وافى، ط١، لجنـــة البيان، ١٩٨٢ ٠

٤- **ابن خلكــــــان** : وفيات الأعيان وأنباء أبناء الزمـــان، تحقيـق: محمد محيى الدين- القاهرة لسنة ١٩٤٨ ٠

٥- **ابن زريق الجيزرى** : الروض العاطر فى تلخيص زيج ابن الشاطر، مخطوط رقم ١٢١٣ ٠

٦- **ابن الهيثـــــم** : الشكوك على مقالة بطليموس تحقيق: د٠عبـــد الحميد صبرة٠

٧- **أحمد سعيد الدمرداش** : حركات الكرات السماوية لنيقولا لاكوبرنيـق تراث الإنسانية٠

٨- **إمام إبراهيم أحمد** : الزيج الصابئ، تراث الإنسانية، مجلد٢ ٠

٩- **د٠ ايدين صابيليى**: المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى، ترجمة د٠عبدالله العمرى، مراجعة د٠ عبد الحميد صبرة، مؤسسة الكويت، ط١ سنة ١٩٩٥م٠

١٠- **البيرونى** : تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن، تحقيق، د٠ب بولجا كوف، مراجعة د٠ إمام إبراهيم أحمد، معهد المخطوطات بجامعة الدول العربية٠

١١- **البيرونى** : القانون المسعودى ٣ أجزاء، حيدر أباد ١٩٥٤-١٩٥٦م٠

١٢- **البيرونى** : تحقيق ما للهند من مقولة : طبعة حيدر الدكن، ١٩٧٥م٠

١٣- **البيهقى** : تتمة صوان الحكمة تحقيق: محمد شفيع لاهور ١٩٣٥ ٠

١٤- **البيهقى** : أخبار العلماء بأخبار الحكماء٠ تحقيق: د٠ محمد على كرد، ط٢، دمشق، ١٩٤٦ ٠

١٥- **حاجى خليفة** : كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون، اسطنبول سنة ١٣١٠هـ٠

١٦- **د٠ دولت عبد الرحيم** : الأسس العلمية للنظريات الفلكية عند البيرونى، القاهرة، ١٩٩٥م٠

١٧- **د٠ دولت عبد الرحيم** : التصور الفلكى عند ابن رشد، الهيئة العامة المصرية للكتاب ١٩٩٧م٠

١٨- **رشينباخ** : نشأة الفلسفة العلمية ترجمة د٠ فؤاد زكريا، ط٢، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ١٩٧٩م٠

١٩- **زكى نجيب محمود** : نحو فلسفة علمية، القـــاهرة، مكتبـــة الأنجلـــو المصرية، القاهرة، ١٩٥٨ ٠

٢٠- **د٠ زين العابدين متولى** : عبقرية البتانى، المجلس الأعلى للشـــئون الإسلامية، د٠ت٠

٢١- **د٠ زين العابدين متولى** : نحو تقويم هجرى موحد، مجلة أكاديميـــة البحث العلمى٠

٢٢- **ســـــارتـــــون** : تاريخ العلم، جـ٣، ترجمة د٠ توفيق الطويـــل وأخرون، دار المعرفة القاهرة ١٩٦١م٠

٢٣- **ســـــارتـــــون** : مقدمة فى تاريخ العلم، ترجمة د٠ عبد الحميـــد صبرة القاهرة٠

٢٤- **د٠عبد الحليم منتصر** : تاريخ العلم، دور العلماء العرب فى تقدمـــه، طبعة القاهرة، سنة ١٩٧٣م٠

٢٥- **د٠ عاطف العراقـــى** : دور المسلمين فى تقدم علم الفلـــك، مجلـــة الزهراء، السنة الثانية، العدد الأول يناير ١٩٨٧ رقم ١٩٩ ٠

٢٦- **د٠ عـــبد الله الدفاع** : أثر علماء العرب المسلمين فى تطوير علـــم الفلك، ط١، بيروت ١٩٨١ ٠

٢٧- **د٠ عـــمر فـــروخ** : بحوث ومقارنات فى تاريخ العلم والفلسفة فـــى الإسلام٠

٢٨- **د٠ قدرى حافظ طوقان** : تراث العرب العلمـــى فـــى الرياضيـــات والفلك، دار القلم، ١٩٦١ ٠

٢٩- **د٠ قدرى حافظ طوقان** : العلم عند العرب، مكتبة النصر، ١٩٥٦ ٠

٣٠- **د. محـمد التونجـي** : جذور التقويم العربى فى ذكـرى القـرن الخامس عشر الـهجرى، المؤتمـر السـنوى الخامس لتاريخ العلوم عند العرب المنعقد فـى جامعة حلب بإشراف معـهد الـتراث العلمـى العربى وكلية الآداب ١٩٨٢م.

٣١- **د.محمد جمال الدين الفندى** : البيرونى طبعة مصر ١٩٦٨ .

٣٢- **د.محمد على محمد الجندى** : تطبيق المنهج الرياضى فى البحـث العلمى عند علماء المسلمين، دار الوفاء مصـر، ١٩٩٠م.

٣٣- **مؤيد الدين العرضى** : الهيئة جـ١، تحقيق: جورج صلبيا، مركـز دراسات الوحدة العربية، سلسلة تاريخ العلـوم عند العرب، سنة ١٩٩٠ .

٣٤- **دائرة المعارف الإسلامية** : النسخة العربية، المجلد السادس، مـادة البتانى.

المراجع الأجنبيـة :

1- **Ball :** Ashort History of Mathematics

2- **Cajori :** A. history of Mathematics,

3- **Ecriffini:** Intoron alle stazioni neelastronomid degli Arabi, (rivista degli sudi orientali).

4- **Francis Bacon:** Novum, organam, aphorism.

5- **Marmery vitlin J:** progress of science, London 1895.

6- **Sarton :** Introduction to the History of science vol

7- **Smicth:** History of Mathematics, vol, P.

رقـــــم الإيـــــداع
٩٩/١٧٤٧٤
الترقيــم الدولــى .I.S.B.N